

# **Methodik zur systematischen Bewertung von Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern aus dem Zweiten Weltkrieg am Beispiel der Stadt Oranienburg**

Von der Fakultät für Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik der  
Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung des akademischen  
Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Ingenieur

Michael Katzsch

aus Berlin

Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Spyra
Gutachter:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Voigt
Gutachter:	Prof. Slavomir Neffe
Tag der mündlichen Prüfung:	5. März 2009

# **Vorwort**

Die vorliegende Dissertation ist im Rahmen des Gutachtens „Mittel- und langfristige Konzeption der Kampfmittelbeseitigung in Oranienburg – Begutachtung zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung unter Berücksichtigung der Aspekte Wirtschaftlichkeit und Verhältnismäßigkeit“ des Lehrstuhls Altlasten der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus im Auftrag des Kampfmittelbeseitigungsdienstes des Landes Brandenburg entstanden.

Ich möchte Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Spyra herzlich dafür danken, dass er mir die Möglichkeit gab, im Rahmen des Gutachtens die Methodik zur systematischen Bewertung von Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern zu entwickeln.

Die Kampfmittelproblematik ist nicht nur in Brandenburg ein aktuelles Thema. Deutschlandweit und darüber hinaus bestehen Gefahren aufgrund von Kampfmitteln aus der Zeit der Weltkriege, die den Behörden bzw. Kommunen hohe Kosten verursachen. Die Arbeit mit geografischen Informationssystemen hat seit meinem Studium mein großes Interesse geweckt. Ich bin sehr froh, dass ich im Rahmen meiner Dissertation dieses spannende und aktuelle Thema mit diesen modernen Werkzeugen bearbeiten durfte.

Das oben genannte Gutachten unterliegt aufgrund der Sensibilität des Themas einer Zugangsbeschränkung, die sich in der Arbeit besonders in dem Kapitel Oranienburg deutlich macht. Ich möchte den Leser für die vereinfachten Abbildungen und teilweise sehr knapp gehaltenen Informationen über Oranienburg, die den räumlichen Gesamtzusammenhang nicht erkennen lassen, um Verständnis bitten.

An dieser Stelle möchte ich allen helfenden Händen und Köpfen meine große Dankbarkeit aussprechen:

- Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Spyra für die fachliche Auseinandersetzung mit mir und meinem Dissertationsthema
- Herrn Dr. Kay Winkelmann für die Unterstützung vom Studium bis zur Dissertation als Betreuer, Kollege und sehr guter Freund
- Frau Dr. Carina Burkhard und Frau Dr. Anne Biegel für ihr unermüdliches Korrekturlesen und den seelischen Beistand, den sie geleistet haben
- Herrn Robert Hotzan und Herrn Heiko Pilz für die Vertretung beim Tagesgeschäft am Lehrstuhl Altlasten, die mir den Freiraum zur Bearbeitung der Dissertation gab
- allen Anderen, die hier nicht genannt werden können und mit ihren Informationen und Tipps zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben
- und nicht zuletzt meinen Eltern, Frau Angelika Katzsch und Herrn Jürgen Katzsch, die mich auf meinem bisherigen Wege immer unterstützt haben.

## Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik zur systematischen Bewertung von Gefahren durch Bombenblindgänger. Durch die massiven strategischen Luftangriffe der Alliierten im Zweiten Weltkrieg verblieb eine Vielzahl von Bombenblindgängern im Boden, die bis heute nur teilweise beraäumt wurden und in den betroffenen Bundesländern und Kommunen große Aufwendungen für die Gefahrenabwehr notwendig machen.

Beispielhaft dafür ist die Stadt Oranienburg in Brandenburg, die im Zweiten Weltkrieg von Bombardierungen betroffen war und großflächig als Verdachtsgebiet für Bombenblindgänger anzusehen ist. Im Rahmen der Angriffe wurden durch die amerikanischen Bombergruppen zum großen Teil Bomben mit chemischen Langzeitzündern, die heute zur Selbstdetonation ohne äußeren Einfluss neigen, eingesetzt. Bis heute haben sich in Oranienburg fünf Selbstdetonationen ereignet. Die umfassende Abwehr dieser akuten Gefahr ist durch die hohen Kosten der Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen kurzfristig nicht leistbar, daher müssen nach Polizei- und Ordnungsrecht die größten Gefahren zuerst beseitigt werden. Zur Priorisierung der Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen ist daher die großflächige, objektive Bewertung und Differenzierung der Gefährdung aufgrund von Bombenblindgängern, die aus dem Aufeinandertreffen von Gefahren und Schutzgütern resultiert, notwendig. Bedingt durch die diversifizierten Nutzungsstrukturen und die multiplen Gefahren im Verdachtsgebiet, ist die Anwendung eines geografischen Informationssystems zur Bewertung der Gefährdung erforderlich. Auf der Grundlage einer umfassenden Recherche von Daten über die Gefahren und Schutzgüter kann die gesamte Fläche von Oranienburg hinsichtlich der Gefahren und Schutzgüter klassifiziert werden. Mittels eines mathematisch beschriebenen Bewertungsalgorithmus, der mit der entwickelten Gefahren-Wirkungs-Matrix realisiert wird, ist die Differenzierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Gefährdung durch Bombenblindgänger möglich. Die im Rahmen der Dissertation entwickelte Methodik zur Gefährdungsbewertung ist objektiv, reproduzierbar, jederzeit aktualisierbar und auf beliebige Untersuchungsgebiete anwendbar. Sie ermöglicht die Vergleichbarkeit von Gefährdungssituationen und damit die objektive Priorisierung von Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger.

## Abstract

Subject of this thesis is the development of a method to assess the risks posed by unexploded bombs. Due to the massive strategic bombings of the allied air forces on Germany during World War II, numerous unexploded bombs still remain in the subsurface. Until today, these have only been recovered partially. Clearing unexploded bombs and thus reducing the risks posed by these still causes high costs for the affected German Länder and communities.

The city of Oranienburg, situated just north of Berlin in the federal state of Brandenburg is an example for a city that was heavily targeted during the strategic bombings of World War II. Until today, large parts of the city of Oranienburg must be considered as contaminated with unexploded bombs. During the attacks on Oranienburg, most bombs were equipped with chemical long-term delay fuzes. These chemical fuzes are very sensitive and tend to spontaneously detonate the unexploded bombs remaining in the subsurface without external impact. Until today, five spontaneous detonations of unexploded bombs have been recorded in Oranienburg.

The comprehensive clearance of unexploded bombs and thus reducing the risk to zero is not possible within a short period of time because of the high costs. Therefore it is necessary to prioritize the clearance activities such that the highest risks are addressed first. In order to prioritize clearance activities, it is necessary to assess the risk for the whole affected area objectively and on a small scale. The risk results from the combination of the hazards (i. e. unexploded bombs) and the goods that need to be protected (humans, material goods). Because land use structures in urban areas are highly diversified and hazards also vary over the area of investigation, a geographic information system (GIS) has to be applied to assess the risks. Based on a comprehensive archival investigation, the full area of investigation was classified with respect to hazard and goods that need to be protected. Applying a mathematical algorithm based on a hazard-effect-matrix ("Gefahren-Wirkungs-Matrix"), the hazards posed by unexploded bombs are assessed on a spatial basis with high resolution. The method for risk assessment with respect to unexploded bombs developed within this thesis is objective, reproducible, can be updated any times, and may be applied to any other area of investigation affected by unexploded bombs. It allows to compare risks posed by unexploded bombs and thus also the prioritize of clearance efforts.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort.....</b>	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>III</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>IV</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Einsatz von Abwurfmunition im Zweiten Weltkrieg.....</b>	<b>6</b>
2.1 Einsatz von Abwurfmunition im Zweiten Weltkrieg.....	7
2.2 Grundlagen zur Abwurfmunition.....	10
2.3 Blindgängeraufkommen.....	14
<b>3 Abwehr von Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern –</b>	
<b>Zweiter Weltkrieg bis heute.....</b>	<b>16</b>
3.1 Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger im Zweiten Weltkrieg.....	17
3.2 Beräumung von Blindgängern in der Deutschen Demokratischen Republik (1945 bis 1990).....	19
3.3 Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger in der Bundesrepublik Deutschland von 1945 bis 1990.....	21
3.4 Gefahrenabwehr in der Bundesrepublik Deutschland von 1990 bis heute.....	23

<b>4 Rechtlicher Rahmen für die Kampfmittelbeseitigung.....</b>	<b>26</b>
4.1 Polizei- und Ordnungsrecht.....	28
4.2 Kampfmittelverordnungen der Länder.....	30
4.3 Bauordnungsrecht.....	32
4.4 Umweltrecht.....	33
4.5 Rechtsgrundlage und Organisation der Kampfmittelbeseitigung im Land Brandenburg.....	34
<b>5 Verfahrensweise und Technologie der Kampfmittelbeseitigung.....</b>	<b>38</b>
5.1 Historische Recherche und Luftbilddauswertung.....	41
5.2 Kampfmittelsuche mit geophysikalischen Messverfahren.....	44
<b>6 Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern.....</b>	<b>51</b>
6.1 Aktuelle Fundsituation.....	53
6.2 Mögliche Schäden aufgrund der Detonation eines Bombenblindgängers.....	55
6.2.1 Räumliche Wirkung einer Bombendetonation.....	55
6.2.2 Schutzgüter.....	62
6.2.3 Sicherheitsbereiche für die Sprengung von Bomben.....	63
6.3 Unterschiedliche Gefahren aufgrund der Bezünderung von Bombenblindgängern.....	66
6.3.1 Funktionsweise der chemischen Langzeitzünder.....	67
6.3.2 Ursachen für das Blindgehen von Bomben mit Langzeitzündern.....	69
6.3.3 Gefahren durch Bombenblindgänger mit chemischen Langzeit- zündern.....	71
6.4 Zusammenfassung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern.....	72

<b>7 Entwicklung einer Methodik zur systematischen Bewertung von Gefahren durch Bombenblindgänger aus dem Zweiten Weltkrieg.....</b>	<b>73</b>
7.1 Gefährdungsabschätzung - Voraussetzung zur Bewertung von Gefahren.....	74
7.2 Grundlagen der Gefährdungsabschätzung bei Belastungen mit Kampf- mitteln.....	81
7.2.1 Archivrecherchen.....	86
7.2.2 Nutzungsanalyse.....	93
7.2.3 Naturräumliche Analyse.....	95
7.2.4 Literaturrecherchen.....	96
7.3 Datengrundlage und Bewertung der Daten zur Abschätzung der Gefahren durch Bombenblindgänger in einem Untersuchungsgebiet.....	98
7.3.1 Daten zur Gefahrendifferenzierung.....	98
7.3.2 Differenzierung der Gefahr im Untersuchungsgebiet.....	105
7.3.3 Daten und Differenzierung der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet....	107
7.4 Methodik zur systematischen Gefährdungsabschätzung in Bezug auf blindgegangene Bomben.....	110
7.4.1 Grundlage zur systematischen Bewertung – GIS .....	110
7.4.2 Kartierung der Gefahren.....	111
7.4.3 Kartierung der Schutzgüter.....	115
7.4.4 Methode zur systematischen Bewertung der Gefährdung (Gefährdungsabschätzung).....	118
7.5 Zusammenfassung der Methodik.....	124
 <b>8 Beispiel Oranienburg – Anwendung der Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren durch Bombenblindgänger.....</b>	 <b>126</b>
8.1 Vorgehensweise zur systematischen Bewertung der Gefahren durch Bombenblindgänger in Oranienburg.....	128
8.2 Räumliche Einordnung und Festlegung des Untersuchungsgebietes.....	129
8.2.1 Räumliche Einordnung.....	129
8.2.2 Festlegung des Untersuchungsgebietes.....	130



8.3 Datenrecherche.....	133
8.3.1 Historische Recherche.....	133
8.3.2 Nutzungsanalyse.....	148
8.3.3 Naturräumliche Analyse.....	149
8.3.4 Literaturrecherche.....	152
8.4 Erfahrungen aus den Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet.....	153
8.4.1 Eindringtiefe der Bombenblindgänger.....	153
8.4.2 Abdrift und räumliche Lage der Bombenblindgänger.....	159
8.5 Bewertung und Kartierung der Gefahren aufgrund von Bombenblind- gängern und der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet Oranienburg.....	161
8.5.1 Bewertung, Differenzierung und Kartierung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern.....	161
8.5.2 Bewertung, Differenzierung und Kartierung der Schutzgüter.....	171
8.6 Anwendung der Gefahren-Wirkungs-Matrix und Erstellung der Gefährdungskarte für Oranienburg.....	177
<b>9 Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>182</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>186</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>199</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>202</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>204</b>

# 1 Einleitung

Fast täglich werden in Deutschland und anderen europäischen Ländern – auch über 60 Jahre nach Ende des Zweiten Weltkrieges – Kampfmittel aufgefunden, die eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung darstellen. Im Kontext der Kampfmittelbeseitigung werden gewahrsamlos gewordene, zur Kriegsführung bestimmte Gegenstände, die Explosiv-, Kampf-, Nebel-, Brand- und Reizstoffe oder deren Rückstände enthalten, als Kampfmittel bezeichnet. Außerdem werden Kriegswaffen und wesentliche Teile von Kriegswaffen aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges dazu gezählt [MI BRB 1998]. Unter den häufig anzutreffenden bzw. bekannten Kampfmitteln sind großkalibrige Fliegerbomben, Artilleriegeschosse und Panzerabwehrwaffen zu finden.

Unfälle aus den vergangenen Jahren zeigen, wie aktuell die Kampfmittelproblematik ist. Beispielsweise kam es im Jahr 2006 bei Bauarbeiten auf der Bundesautobahn A3 bei Aschaffenburg zur Detonation einer 250-kg-Fliegerbombe, bei der ein Bauarbeiter ums Leben kam [NN 2007a]. Im Jahr 2007 wurde ein Arbeiter in Kranenburg (Nordrhein-Westfalen), bei dem Versuch, eine in einer Baustoffrecyclinganlage eingeklemmte Granate zu entfernen, schwer verletzt [Kreispolizeibehörde Kleve 2007]. Regelmäßig geschehen auch Unfälle aufgrund des illegalen Umgangs mit Kampfmitteln, wie im Jahr 2007 in Hamburg, als ein Mann bei dem unrechtmäßigen Hantieren mit Flakmunition tödlich verletzt wurde [NN 2007b].

Die Kriegshandlungen im Zweiten Weltkrieg haben zu umfangreichen Belastungen der Kriegsschauplätze mit Kampfmitteln geführt. Kriegsschauplätze sind zum einen die Schlachtfelder z. B. der Hürtgenwald in Nordrhein-Westfalen, der Kessel von Halbe, die Seelower Höhen in Brandenburg oder Berlin. Zum anderen handelt es sich um die Ziele der Luftangriffe, insbesondere der strategischen Luftangriffe der Westalliierten, zu denen rund 1.000 Städte und Orte in der Bundesrepublik zählten. Die strategischen Luftangriffe waren durch den massiven Einsatz von Bombern (bis zu 1.000 Stück) und Abwurfmunition gegen die Ziele gekennzeichnet. Insgesamt haben die Westalliierten während des Zweiten Weltkrieges 2,8 Mio. Tonnen Bomben auf Europa abgeworfen. Davon entfielen 51 % oder rund 1,4 Mio. Tonnen auf das

Gebiet des Deutschen Reiches. Folglich ist Deutschland das im Zweiten Weltkrieg am stärksten bombardierte Land. Jedoch waren auch andere europäische Länder während der Kampfhandlungen von Bombenabwürfen betroffen, z.B. Frankreich mit 20 % oder 0,6 Mio. Tonnen der insgesamt abgeworfenen Bombenlast, Italien mit 14 % oder 0,4 Mio. Tonnen, Österreich-Ungarn mit 7 % oder 0,2 Mio. Tonnen und andere Länder mit 7 % oder 0,2 Mio. Tonnen [USAAF 1947]. Der sowjetische Einsatz von Abwurfmunition beschränkte sich fast ausschließlich auf taktische Bombardements zur Unterstützung der Bodentruppen, bei denen wesentlich weniger Flugzeuge und Abwurfmunition gegen einzelne Ziele zum Einsatz kamen als bei strategischen, flächendeckenden Bombardements der Westalliierten.

Bei dem Einsatz von Kampfmitteln bleiben fast immer Blindgänger zurück, das heißt Kampfmittel, die sich nicht bestimmungsgemäß umgesetzt haben. Es wird davon ausgegangen, dass zwischen 5 % und 15 % der im Zweiten Weltkrieg verwendeten Kampfmittel als Blindgänger zurückblieben [NN 2005]. Die Blindgängerquote ist abhängig von der Art und Bezünderung des Kampfmittels. Beispielsweise wurden im Zweiten Weltkrieg ca. 107.000 großkalibrige Sprengbomben und ca. 3,5 Mio. Brandbomben auf Hamburg abgeworfen. Beim Ansatz einer Blindgängerquote von 13 % müssen demnach ~14.000 blindgegangene Sprengbomben erwartet werden. Seit Kriegsende wurden davon circa 11.000 Stück beseitigt. Der Kampfmittelräumdienst der Freien und Hansestadt Hamburg geht folglich noch von circa 3.000 Stück im Boden verbliebenen Bombenblindgängern (Sprengbomben) aus [Voß 2007].

Von den blindgegangenen Kampfmitteln gehen Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgüter aus, da sie sich auch noch nach Jahren mit und ohne äußere Einflüsse ihrer ursprünglichen Bestimmung gemäß umsetzen können. Die daraus resultierenden Gefahren können Menschen und sächliche Schutzgüter durch starke Druckwellen, Splitterflug und die Freisetzung von schädlichen Stoffen schädigen. Als besonders gefährlich ist großkalibrige blindgegangene Abwurfmunition – Bombenblindgänger – anzusehen. Diese Bomben, mit einer Masse von mehr als 50 kg, können aufgrund ihrer großen Explosivstoffmasse besonders große zerstörerische Kräfte entwickeln. Im Schadensfall sind durch die größeren Wirkweiten größere Schäden zu erwarten als bei Unfällen mit kleinen blindgegangenen Bomben und kleinkalibriger Artillerie- und

Infanteriemunition. Neben der Unberechenbarkeit der Bombenblindgänger kommt hinzu, dass die strategischen Bombardements des Zweiten Weltkrieges weitgehend auf Stadtgebiete zielten, die bis heute dicht besiedelt sind. Dadurch besteht in den potenziellen Wirkungsbereichen von Bombenblindgängern eine hohe Schutzgutdichte. Der letzte schwere Unfall durch die Explosion eines Bombenblindgängers aus dem Zweiten Weltkrieg in besiedelten Gebieten ereignete sich in Berlin-Friedrichshain bei Bauarbeiten im Jahr 1994. Dabei kamen drei Personen ums Leben und acht Personen wurden teilweise schwer verletzt. Ein Mehrfamilienhaus wurde völlig zerstört und benachbarte Gebäude wurden stark beschädigt [Heun 2003].

In Deutschland ist die Abwehr der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern und anderen Kampfmitteln aus der Zeit der Weltkriege im Rahmen der allgemeinen Gefahrenabwehr Ländersache. Die Länder haben die Aufgaben der Gefahrenabwehr an die kommunalen Ordnungsbehörden übertragen. Aufgrund der notwendigen Fachkunde für den Umgang mit Kampfmitteln bestehen auf Ebene der Bundesländer Fachdienste bzw. Fachbehörden, welche die Ordnungsbehörden unterstützen und konkrete Maßnahmen der Gefahrenabwehr im Bezug auf Kampfmittel durchführen bzw. am Markt einkaufen. Diese Maßnahmen erstrecken sich von der Beräumung von Zufallsfunden über die Untersuchung von Flächen im Vorfeld von Baumaßnahmen bis hin zur systematischen Beräumung von Verdachtsflächen und -punkten für Bombenblindgänger oder andere Kampfmittel. Von Zufallsfunden spricht man, wenn ein Kampfmittel zufällig bei artfremden Maßnahmen, zum Beispiel bei Bauarbeiten, aufgefunden wird, ohne dass vorher ein Verdacht auf Kampfmittel am Fundort bestand [Spyra 2008]. Die Beräumung von Zufallsfunden und die Untersuchung von Flächen im Vorfeld von Baumaßnahmen findet in der Regel bedarfsorientiert statt, d. h. sie erfolgt nicht systematisch in Sinne einer vorbeugenden Gefahrenabwehr. Die Untersuchung von Verdachtspunkten und -flächen wird insofern systematisch durchgeführt, als mittels der systematischen Auswertung von verfügbaren Krieglufbildern Verdachtspunkte und -flächen identifiziert werden und sukzessive abgearbeitet werden. Diese systematische Beräumung wird von den Ländern finanziert. Mit der Ausführung der Maßnahmen werden meist private Räumunternehmen beauftragt, eine einheitliche Verfahrensweise gibt es nicht. Weitere

Aufgaben der Fachdienste bzw. -behörden sind die Dokumentation von Kampfmittelverdachtsflächen, bereits beräumter Flächen sowie die Fachaufsicht über kommerzielle Kampfmittelräumunternehmen [MI BRB 1998].

Der Bedarf an Kampfmittelräummaßnahmen muss sich nach Polizei- und Ordnungsrecht an den Gefahren orientieren, d. h. die größten Gefahren müssen zuerst beseitigt werden [Pieroth et al. 2002]. Eine Bestandsaufnahme der bislang in den unterschiedlichen Bundesländern verfolgten Strategien zur Abwehr von Gefahren, die von Bombenblindgängern ausgehen, zeigt hinsichtlich der Priorisierung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr, die jeweils auf lokale Gefährdungsabschätzungen beruhen, ein erhebliches Entwicklungspotenzial (vgl. Kapitel 3.4 und 7). Die systematische Bearbeitung von Verdachtsflächen und -punkten beschränkt sich meist auf lokale Räumvorhaben und berücksichtigt nicht objektiv die landesweite Situation oder den Räumbedarf aus Sicht der vorbeugenden Gefahrenabwehr. Es fehlt bislang eine Methodik, anhand derer die Gefahren auf Länderebene landesweit oder für konkrete Untersuchungsgebiete systematisch bewertet werden können, um eine Vergleichbarkeit der Gefährdung und die objektive Priorisierung der Maßnahmen der Gefahrenabwehr zu ermöglichen.

Das Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, eine Methodik zu entwickeln, die eine systematische Bewertung der Gefahren durch großkalibrige Bombenblindgänger erlaubt.

Die Abschätzung der Gefahren für Schutzgüter durch blindgegangene Bomben ist die Grundlage dieser Bewertung. Zuerst müssen daher umfangreiche Informationen hinsichtlich der Gefahren, der Schutzgüter und der resultierenden Gefährdung recherchiert und bewertet werden. Dazu werden in der vorliegenden Arbeit die möglichen Datenquellen und die verfügbaren Dokumente bzw. Informationen zusammengetragen und hinsichtlich des Informationsgehaltes zur Abschätzung der Gefahren und Beschreibung der Schutzgüter bewertet. Auf Basis der recherchierten Informationen zu den Gefahren durch blindgegangene Abwurfmunition und zu den Schutzgütern in einem Untersuchungsgebiet werden eine Gefahren- und eine Schutzgutkarte erstellt. Anschließend werden die Gefahren entsprechend ihrer

Intensität, bezogen auf die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer Bombendetonation, differenziert und die Schutzgüter entsprechend ihrer Schutzwürdigkeit klassifiziert. Dadurch können unterschiedliche Bereiche der Untersuchungsfläche nach dem Grad der Gefährdung unterschieden werden. Diese Methodik zur Bewertung und Klassifizierung der Gefährdung ist für die Prioritätenbildung bei der Implementierung von Gefahrenabwehrmaßnahmen essentielle Grundlage.

Die im Rahmen der vorliegenden Dissertation entwickelte Methodik soll abschließend am Beispiel der Stadt Oranienburg Anwendung finden. Im Land Brandenburg ist Oranienburg die am stärksten mit Bombenblindgängern belastete Stadt. Durch den massiven und großflächigen Einsatz von Bomben, großteils mit chemischen Langzeitzündern, deren Blindgänger jederzeit und ohne äußere Einflüsse detonieren können, liegt in Oranienburg eine akute Gefahr aufgrund der noch zu erwartenden Blindgängerzahl vor. Die kurzfristige Abwehr aller Gefahren ist nicht möglich. Daher müssen die Gefahren, die zur größten Gefährdung von Schutzgütern führen, bevorzugt beseitigt werden. Die Differenzierung der Gefahren aufgrund der Blindgänger im Bereich der vorhandenen Schutzgüter bildet hier die essentielle Grundlage zur objektiven Priorisierung der Maßnahmen zur Abwehr der Gefahren. Die objektive Priorisierung der Maßnahmen der Gefahrenabwehr ist notwendig, um den Anforderungen des Polizei- und Ordnungsrechts gerecht zu werden und die verfügbaren Ressourcen effizient einsetzen zu können.

## **2 Einsatz von Abwurfmunition im Zweiten Weltkrieg**

Bereits im Ersten Weltkrieg wurden Kampfmittel aus Luftfahrzeugen, anfangs Zeppelin und später Flugzeugen, abgeworfen. Zunächst wurden nur explosivstofffreie Projektile (so genannte "Fliegerpfeile") eingesetzt, die aber schnell von explosivstoffgefüllten, relativ kleinkalibrigen, Bomben mit Explosivstofffüllung abgelöst wurden. Generell blieb der Einsatz von Abwurfmunition im Ersten Weltkrieg aufgrund der geringen Tragfähigkeit der Flugzeuge aber begrenzt. Erst durch die technische Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Luftfahrzeuge in der Zwischenkriegszeit und insbesondere während des Zweiten Weltkrieges entwickelte sich die Bombardierung aus der Luft zu einer eigenständigen und massiv eingesetzten Form der Kriegsführung [Thamm 2003]. Weil Abwurfmunition – wie andere Kampfmittel auch – teilweise nicht ordnungsgemäß funktioniert, sind häufig Blindgänger zurückgeblieben, die bis heute Probleme für die öffentlichen Sicherheit und Ordnung in damals angegriffenen Gebieten darstellen.

## **2.1 Einsatz von Abwurfmunition im Zweiten Weltkrieg**

Bereits vor dem Zweiten Weltkrieg entwickelte sich der Einsatz von Abwurfmunition aus Flugzeugen von der reinen Unterstützung der Bodentruppen bzw. der Vorbereitung des Einsatzes von Bodentruppen gegen militärische Ziele hin zu einer eigenständigen Art der Kriegsführung. Dabei ging es zunehmend um die Zerstörung kriegswichtiger Infrastruktur und Industrien sowie um die Demoralisierung der gegnerischen Bevölkerung. Erstes Beispiel eines derartigen Einsatzes von Abwurfmunition war der Bombenangriff der deutschen Legion Condor auf die Stadt Guernica während des spanischen Bürgerkrieges im April 1937 [Thamm 2003].

In der Anfangsphase des Zweiten Weltkrieges, insbesondere während der Überfälle des Deutschen Reiches auf Polen, Frankreich und die Sowjetunion zwischen 1939 und 1941 wurde die Luftwaffe überwiegend zur direkten Unterstützung von Bodentruppen bzw. zur taktischen Vorbereitung des Einsatzes dieser eingesetzt. In einzelnen Fällen kam es dabei aber bereits zur Bombardierung von zivilen Zielen. So wurden im Rahmen des Polen-Feldzuges insbesondere die Stadt Wielun an der Neiße sowie Warschau durch deutsche Bombardierungen teilweise zerstört. In den Niederlanden wurde das Zentrum von Rotterdam durch einen deutschen Bombenangriff weitgehend zerstört. Im Rahmen der Luftschlacht um England bombardierte die Luftwaffe systematisch britische Städte und industrielle Zentren in den Jahren 1940 und 1941. Als bekanntester ist der Luftangriff der deutschen Luftwaffe vom 14. November 1940 auf die Stadt Coventry zu nennen [Thamm 2003]. Dieser Einsatz markiert den Übergang von einem taktischen Einsatz von Abwurfmunition hin zu einem strategischen Einsatz. Als Reaktion hierauf ging die britische Royal Air Force (RAF) dazu über, entsprechende Flächenangriffe auf dem Gebiet des Deutschen Reiches durchzuführen. Da die RAF dem Einsatz von Abwurfmunition hinter den feindlichen Linien entscheidende Bedeutung für den weiteren Kriegsverlauf zumaß, wurde der Ausbau der britischen Bomberverbände in der Folge forciert. Im Zuge der „Area Bombing Directive“ des britischen Luftfahrtministeriums vom Februar 1942 erfolgten Großangriffe gegen deutsche Ziele, wobei über 1.000 Bomber bei einem einzelnen Angriff zum Einsatz kamen. Mit dem Eintritt der Vereinigten Staaten in das



Kriegsgeschehen wurde auf den britischen Inseln eine umfangreiche Bomberflotte stationiert und ständig ausgebaut – die 8. United States Army Air Force (USAAF<sup>1</sup>). Die 8. USAAF wurde fast ausschließlich für die strategischen Bombardierungen in Europa eingesetzt. Mit der Invasion alliierter Truppen im Juni 1944 wurden auch Teile der 9. USAAF auf den britischen Inseln stationiert, diese war vorher auf dem afrikanischen Kriegsschauplatz aktiv und unterstützte die Bodentruppen mit taktischen Luftangriffen in Europa [NNA; Thamm 2003]. Als Reaktion versuchte die deutsche Luftwaffe, Ziele in Großbritannien anzugreifen. Dies gelang nach der verlorenen "Schlacht um England" im Jahre 1941 jedoch nicht mehr. Einzig mit den so genannten Vergeltungswaffen, den Raketen V1 und V2, gelang es dem Deutschen Reich, nach 1941 Ziele in England in verhältnismäßig geringem Umfang anzugreifen [Dornberger 1996].

Bei der Konferenz von Casablanca vom 14. bis 26.01.1943 einigten sich die britische und amerikanische Führung auf die „Combined Bomber Offensive“, die kombinierte Bomberoffensive, deren Ziel die nachhaltige Zerstörung und Desorganisation des deutschen militärischen, industriellen und ökonomischen Systems war. Langfristiges Ziel der Alliierten war es, die Invasion des europäischen Festlandes vorzubereiten. Im Rahmen der Bomberoffensive sollten strategisch wichtige Industrien (Kraftstoffproduktion, Kugellagerindustrie, Fahrzeugindustrie, Gummi- und Kautschukherstellung, etc.) zerstört werden. Aufgrund umfangreicher Verluste durch starken Widerstand durch Jagdflugzeuge der deutschen Luftwaffe wurden ab Sommer 1943 verstärkt Fabriken der Jagdflugzeugproduktion angegriffen. Im Laufe des Jahres 1944 gingen die RAF und die USAAF dazu über, auch Städte im Deutschen Reich gezielt zu bombardieren, um die Moral der deutschen Bevölkerung zu brechen. So galten rund zwei Drittel der Angriffe im Mai 1944 unmittelbar militärischen und industriellen Zielen und rund ein Drittel zivilen Zielen (Siedlungsgebiete) [Luftwaffenführungsstab 1944]. Nach der auf dem europäischen Kontinent im Juni 1944 stattgefundenen Invasion und mit fortschreitendem Geländegewinn der Westalliierten dienten die Bombenangriffe der Alliierten neben der Lähmung bzw. Zerstörung der deutschen Rüstungsproduktion immer mehr der gezielten Unterbrechung der Nachschubwege

---

1 United States Army Air Force (USAAF) bis 25. Juli 1947, ab 26. Juli 1947 United States Air Force (USAF)

der Wehrmacht.

Im Rahmen der alliierten Bombenangriffe auf militärische, industrielle und zivile Ziele im gesamten Deutschen Reich wurden zahlreiche größere und kleinere Städte angegriffen. Schwerpunkte waren dabei das Ruhrgebiet, die deutschen Hafenstädte sowie wichtige Verkehrsknotenpunkte. Beispiele sind die Großstädte Hamburg, Berlin, Dresden, Köln, aber auch kleinere und mittlere Städte wie Düren und Dülmen, Münster, Gießen, Cottbus, Schweinfurt u.a. Im Land Brandenburg waren die Städte Oranienburg, Potsdam, Brandenburg (Havel) und Frankfurt (Oder) besonders betroffen. Insgesamt wurden im Deutschen Reich rund 160 Städte und 850 kleinere Orte Ziel von Bombardierungen durch die Alliierten [USAAF 1947].

Die sowjetische Rote Armee nutzte ihre Luftstreitkräfte im Rahmen der Verteidigung nach dem deutschen Überfall auf die Sowjetunion und später im Rahmen des Vormarsches nach Westen fast ausschließlich zur taktischen Unterstützung der Bodentruppen. Systematische Luftangriffe auf zivile Ziele, Infrastruktur und Industrieanlagen gab es nicht. Dennoch wurden im Rahmen der taktischen Luftoperationen zahlreiche Bomben auf Ziele in der Sowjetunion, Polen und im Deutschen Reich abgeworfen. Statistiken hierüber sind nicht verfügbar.

Zu einem Ende kamen die Luftangriffe auf Ziele im Deutschen Reich im Zuge des Vormarsches der Alliierten. Die Angriffe auf Dresden im Februar 1945 und auf Oranienburg im April 1945 gehörten zu den letzten großen Luftangriffen des Zweiten Weltkrieges in Europa.

Insgesamt wurden von den Westalliierten während des Zweiten Weltkrieges circa 1,4 Millionen Tonnen (t) Bomben über dem Deutschen Reich abgeworfen – etwa zu gleichen Teilen von der britischen RAF und der US-amerikanischen USAAF. Dazu führten die Flugzeuge der Alliierten zwischen 1940 und 1945 rund 1,4 Millionen Starts durch, 21.000 Flugzeuge gingen verloren [USAAF 1947].

Über die von der deutschen Luftwaffe im Zweiten Weltkrieg in den angegriffenen Ländern abgeworfenen Kampfmittel gibt es keine verlässlichen Statistiken. Allerdings sind alle angegriffenen Länder in unterschiedlich starkem Ausmaß deutschen Bombardierungen ausgesetzt gewesen. Besonders stark waren Großbritannien, Polen, Frankreich, die Niederlande, die Sowjetunion und Jugoslawien betroffen.

## 2.2 Grundlagen zur Abwurfmunition

Unter dem Begriff Abwurfmunition werden nach einer gängigen Definition allgemein die von Luftfahrzeugen zur Bekämpfung von Erd- und Seezielen eingesetzten konventionellen Kampfmittel zusammengefasst. Dazu zählen alle Kampfmittel, die zur Vorbereitung oder Durchführung von Kampfhandlungen von Luftfahrzeugen frei fallend, beschleunigt oder gleitend, ungesteuert oder zielgesteuert abgeworfen werden. Ausgenommen sind die aus Bordwaffen verschossene Granat- und MG<sup>2</sup>-Munition sowie aus Spezialgeräten abgesprühte chemische Kampfstoffe [Meinhardt 1962].

Abwurfmunition zur Vorbereitung von Kampfhandlungen sind beispielsweise Markierungsbomben oder Bomben zur Beleuchtung von Gefechtsfeldern. Abwurfmunition zur Durchführung von Kampfhandlungen entfaltet bei ihrem Einsatz dagegen zerstörerische Kräfte, z. B. durch Druck- und Splitterwirkung. Abwurfmunition zur Vorbereitung fand bzw. findet bei Kampfhandlungen im Vergleich zur Abwurfmunition zur Durchführung von Kampfhandlungen verhältnismäßig selten bzw. vernachlässigbar geringe Anwendung.

Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht Abwurfmunition zur Durchführung von Kampfhandlungen, speziell großkalibrige Sprengbomben mit Massen zwischen 250 kg und 500 kg.

Die Wirkung und Effizienz des Einsatzes von Bomben ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Für den Einsatz von Bomben ist die Betrachtung des zu zerstörenden Objektes und die Wirkung der Bomben auf das Objekt entscheidend. Zum Beispiel stellt die Zerstörung von Flugzeugen auf feindlichen Flugplätzen andere Anforderungen an die eingesetzte Munition als die Zerstörung von Stahlbetonkonstruktionen oder die Entfachung von großflächigen Bränden in Städten. Aufgrund dieser Tatsache wurde eine Reihe verschiedener Bomben- und Bombenzündertypen entwickelt, um den unterschiedlichen militärischen Einsatzanforderungen der Zeit gerecht zu werden [Peyer 1937].

---

2 MG - Maschinengewehr

Bomben bestehen in der Regel aus vier Hauptelementen, dem Bombenkörper, einer Füllung aus Explosiv- oder Brandstoffen, einer oder mehreren Zündeinrichtungen und einem Leitwerk. Diese vier Hauptelemente unterscheiden sich je nach dem Verwendungszweck. Außerdem verfügten die Bomben über standardisierte Aufhängungen für die Handhabung und für die Verladung in Flugzeuge. In der Abbildung 1 ist exemplarisch eine 250 kg Bombe dargestellt, die die US Army Air Force im Zweiten Weltkrieg einsetzte.

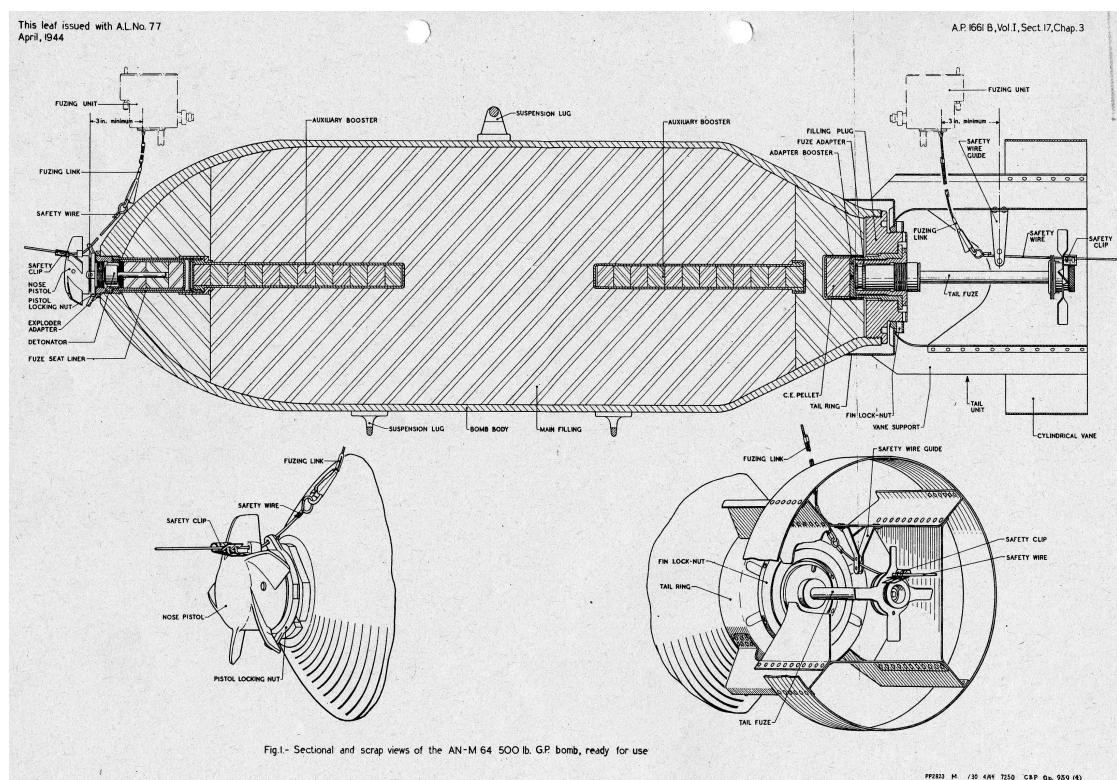


Abbildung 1: Technische Zeichnung einer 250 kg Bombe Typ AN-M64 [USAAF 1944]

Folgende Haupttypen der Bomben werden unterschieden [Merz 1960; Meinhardt 1962; Thamm 2003]:

- Splitterbomben bestehen aus einem schweren Stahlmantel mit einer verhältnismäßig geringen Sprengstofffüllung (15 – 50 Gewichts-%). Bei der Detonation einer Splitterbombe entsteht eine große Anzahl von relativ schweren Splintern, die sich kugelförmig mit hoher Geschwindigkeit und Energie vom Explosionsort ausbreiten. Splitterbomben werden in der Regel gegen ungeschützte Ziele an der Geländeoberfläche (Fahrzeuge, Luftfahrzeuge, Truppenansammlungen, etc.) eingesetzt. Die Hauptwirkung beruht auf der Splitterbildung. Splitterbomben mit höherem Sprengstoffanteil wurden auch als Sprengbomben bezeichnet.
- Panzerbomben bestehen aus einem sehr schweren, stabilen Stahlmantel mit einer im Vergleich zu Splitterbomben weiter verringerten Sprengstofffüllung. Panzerbomben wurden entwickelt, um geschützte Ziele (Bunker, unterirdische Bauwerke, etc.) zuerst zu durchdringen und anschließend zu explodieren. Bei der Detonation nach der Penetration des Ziels werden die in dem Objekt befindlichen schützenswerten Güter durch den Explosionsdruck in einem umschlossenen Raum und durch schwere Splitter beschädigt bzw. zerstört.
- Minenbomben bestehen aus einer dünnen Umhüllung, die im wesentlichen dazu dient, eine möglichst große Sprengstofffüllung (50 – 80 Gewichts-%) bis in das Ziel zu befördern. Die Wirkung von Minenbomben beruht fast ausschließlich auf der durch die Detonation des Explosivstoffes erzeugten Stoß- und Druckwelle. Die Splitterwirkung von Minenbomben ist weitgehend vernachlässigbar. Die Kaliber der Minenbomben reichten im Zweiten Weltkrieg in der Regel von 250 kg bis 2.000 kg. In wenigen Fällen wurden auch größere Minenbomben eingesetzt.
- Brandbomben bestehen in der Regel aus einer dünnen Umhüllung und einem anorganischen (insbesondere Thermit und Phosphor) oder organischen (Harze, Teer, Benzol, etc.) Brandmittel. Die Wirkung von Brandbomben beruht auf der Entzündung von brennbaren Materialien im Ziel. Brandbomben wurden bei der Bombardierung von Städten häufig nach Minenbomben eingesetzt, die

Dächer abdecken und damit die brandempfindlichen Dachstühle für die nachfolgenden Brandbomben freilegen sollten. Brandbomben waren in der Regel kleinkalibrig mit Gesamtgewichten zwischen 2 kg (Thermit-Stabbrandbomben) und 50 kg (Phosphor-Brandbomben).

Für die verschiedenen Bombentypen und ihre Einsatzvarianten wurde eine Vielzahl von Zündern entwickelt. In der Regel bestehen die Zündeinrichtungen der Bomben aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges aus einem mechanischen Zündmechanismus, einer Primärladung und einer Übertragungsladung (Booster). Zünder können in drei große Gruppen eingeteilt werden (wobei Zünder für Spezialanwendungen bzw. im maritimen Bereich nicht berücksichtigt sind) [Merz 1960; Meinhardt 1962; Thamm 2003; Voß 2000]:

- Aufschlagzünder lösen eine Bombe beim Auftreffen auf eine feste Oberfläche aus. Für die Anwendung in Panzerbomben wurden Aufschlagzünder dahingehend modifiziert, dass sie eine geringe Zeitverzögerung im Bereich von Sekunden oder Zehntelsekunden hatten, damit die Umsetzung erst nach Durchdringung des geschützten Ziels erfolgte.
- Zeitzünder werden beim Abwurf aus dem Flugzeug entschert. Sie lösen die Detonation der Bombe aber in der Regel nicht direkt nach dem Auftreffen auf der Oberfläche aus, sondern erst nach einer gewissen Zeitverzögerung, die im Bereich von Minuten bis zu mehreren Tagen liegen kann. Zeitzünder wurden teilweise mechanisch als Uhren, großteils aber als chemische Langzeitzünder (LZZ), bei denen ein chemischer Zersetzungsprozess eine mechanische Sperre auflöste, ausgeführt. Diese Zünder wurden überwiegend bei Splitter- und Minenbomben eingesetzt.
- Druckzünder, die auch als barometrische Zünder bezeichnet werden, lösen eine Bombe bereits vor Erreichen der Erdoberfläche in einer durch den Luftdruck definierten Höhe aus. Dieser Zündertyp wurde überwiegend bei Minenbomben eingesetzt, um die Wirkung der erzeugten Druckwelle größtmöglich zu halten.

## 2.3 Blindgängeraufkommen

Als Blindgänger werden alle Bomben bezeichnet, die sich nach ihrem Abwurf nicht bestimmungsgemäß umgesetzt haben. Die bestimmungsgemäße Umsetzung ist durch die vollständige Umsetzung des Explosivstoffes der Bombe gekennzeichnet. Das bedeutet, dass als Blindgänger alle Bomben bezeichnet werden müssen, die nicht detoniert sind, die nur teilweise detoniert oder zerschellt sind. Die Ursachen für das Blindgehen von Bomben kann verschiedene Ursachen haben. Einerseits können inhärente Eigenschaften zur fehlerhaften Funktion einer Bombe führen, andererseits spielen aber auch äußere Gegebenheiten im Zielgebiet für die Funktion einer Bombe eine wichtige Rolle [BMVBS et al. 2007].

Inhärente Eigenschaften und äußere Gegebenheiten, die zum Blindgehen von Bomben führen, sind in Tabelle 1 beispielhaft aufgeführt.

*Tabelle 1: Ursachen für das Blindgehen von Bomben*

Ursache für das Blindgehen	Beispiel für das Blindgehen
<b>Inhärente Ursachen</b>	
Fabrikationsfehler einzelner Zünderteile bzw. bei der Montage des Zünders	Zündhütchen des Zünders wird nicht angestoßen oder Zündhütchen (Initialsprengstoff) funktioniert nicht
Fehlerhafter Einbau eines Zünders in den Bombenkörper	Abstand vom Zündhütchen zur Übertragungsladung ist zu groß, Zündhütchen zündet die Übertragungsladung nicht
Systematische Fehler aufgrund fehlerhafter Zünderkonstruktionen	Vereisung der Windradentsicherung beim Abwurf, dadurch wird der Zünder beim Abwurf nicht "scharf" gemacht
<b>Äußere Ursachen</b>	
Schräge Auftrefffläche, feste Auftrefffläche	Zerschellen des Bombenkörpers bzw. Teildetonation, weil der Aufschlagzünder nicht funktioniert
Weiche Auftrefffläche	Nichtansprechen des Aufschlagzünders aufgrund zu geringer negativer Beschleunigung
	Abdrift einer Bombe nach Eindringen in den Boden bis zur Endlage mit der Spitze nach oben, dass Zündmechanismus in unvorhergesehener Lage ist und sich nicht bestimmungsgemäß umsetzen kann

Das Blindgängeraufkommen ist folglich maßgeblich vom Zündertyp und den örtlichen Gegebenheiten des Zielgebietes abhängig. In der Literatur wird das Blindgängeraufkommen mit einer Häufigkeit zwischen 5 und 15 % der abgeworfenen Munition beziffert. Beispielsweise gibt der Kampfmittelräumdienst Hamburg ein 13 %iges Aufkommen von Blindgängern in seinen Statistiken an [Voß 2007]. In Brandenburg geht man von Blindgängerraten zwischen 10 % und 15 % aus [KMBD BRB 2002].



### **3 Abwehr von Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern – Zweiter Weltkrieg bis heute**

Die Abwehr von Gefahren aufgrund blindgegangener Abwurfmunition ist seit den Bombenangriffen im Zweiten Weltkrieg alltägliche Arbeit der für die Kampfmittelbeseitigung zuständigen Behörden. War Kampfmittelbeseitigung im Zweiten Weltkrieg, bezogen auf Abwurfmunition, noch reine Sofortmaßnahme aufgrund von Blindgängerfunden, bedeutet Kampfmittelbeseitigung heute neben der Entschärfung und Vernichtung von Blindgängern die Luftbildauswertung, die Detektion und die Dokumentation von Blindgängern sowie die systematische Beräumung stark kontaminierter Flächen. Nachfolgend werden die Organisation und die Arbeitsweisen im Rahmen der Kampfmittelbeseitigung seit dem Zweiten Weltkrieg beschrieben.

### **3.1 Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger im Zweiten Weltkrieg**

Alle Maßnahmen der Kampfmittelbeseitigung nach Luftangriffen waren während des Zweiten Weltkrieges dem Aufgabenbereich der Luftschutzdienststellen zugeordnet, die dem Reichsminister der Luftfahrt untergeordnet waren. Im ersten Kriegsjahr erwartete man nur wenige Blindgänger im Reichsgebiet. Daher wurden bei der Blindgängerbeseitigung der Sicherheits- und Hilfsdienst (SHD) zur Freilegung der Blindgänger und ein Feuerwerker der nächstgelegenen militärischen Einheit zur Entschärfung der Blindgänger eingesetzt. In den ersten Kriegsjahren gab es eine Reihe von Unfällen bei der Blindgängerbeseitigung, was insbesondere auf dem Einsatz von Langzeitzündern durch die Alliierten zurückzuführen war. Daraufhin wurden Spezialeinheiten zur Entschärfung von Blindgängern aufgestellt, die durch Ausbildungsmaßnahmen die notwendigen munitionstechnischen Kenntnisse vermittelt bekamen [Merz 1960].

Das Gebiet des Deutschen Reiches war in die so genannten Luftgaue I bis XVII eingeteilt, die dem jeweiligen Luftgaukommando unterstanden. Nach Ausbruch des Zweiten Weltkrieges wurden auch die besetzten Gebiete in Luftgaue unterteilt. Das Gebiet der Luftgaukommandos war in Sprengbezirke unterteilt, in denen jeweils mindestens ein ständiges Sprengkommando zur Verfügung stand. Bei Notwendigkeit wurde der Sprengbezirk in Sprengunterbezirke aufgeteilt und mit zusätzlichen Sprengunterkommandos ausgestattet. Als Reserve standen in den Sprengbezirken zusätzlich Sprengunterkommandos zur besonderen Verwendung bereit, welche bei Notwendigkeit von den Bedarfsstellen (Sprengkommandos) als Verstärkung angefordert werden konnten [Reichsminister der Luftfahrt 1944a].

Nach Luftangriffen wurden Blindgänger dem örtlichen Luftschutzleiter gemeldet, der die Beseitigung der Blindgänger bei dem zuständigen Sprengkommando beantragen musste. Einsatzwichtige Rüstungs- bzw. Versorgungsbetriebe oder Einrichtungen (Eisenbahn, Mineralölindustrie etc.) konnten Blindgänger direkt an das zuständige Sprengkommando melden, der örtliche Luftschutzleiter wurde parallel über den Sachstand informiert. Bei der Beräumung von Blindgängern wurde folglich prioritär

vorgegangen, um zum Beispiel die Stilllegung von Hauptstrecken der Reichsbahn, von Fernmeldeeinrichtungen oder größere Fertigungsausfälle in der Rüstungsindustrie zu vermeiden [Reichsminister der Luftfahrt 1944b].

Wurden Blindgänger festgestellt, war vor der Entschärfung eine Wartezeit von 24 Stunden abzuwarten, um aufgrund der Gefahr von Langzeitzündern (LZZ) eine zusätzliche Gefährdung der Sprengkommandos zu vermeiden. Bei kriegswichtigen Einrichtungen, wie Rüstungsbetrieben und Bahnanlagen wurde von dieser Regelung abgesehen.

Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kam es bei der Beseitigung von Bombenblindgängern immer wieder zu Unfällen. Deshalb wurden Häftlinge aus Konzentrationslagern zur Bombenentschärfung ausgebildet, die unter Bewachung Bombenblindgänger entschärfen mussten [Richardi 1989].

Die Inspektion 13 des Reichsluftschutzministeriums veröffentlichte regelmäßig Belehrungsblätter, in denen detaillierte und aktuelle Informationen zum Umgang mit Blindgängern bekannt gegeben wurden. Auf diesem Wege wurden die betroffenen Dienststellen über neue Zündsysteme und Bomben informiert.

Die organisierten Strukturen zur Beseitigung von blindgegangenen Bomben wurden durch die mit den starken Bombardierungen einhergehenden Zerstörungen, die Vielzahl an Blindgängern und durch die Verluste von Personal zum Kriegsende immer desolater. Aufgrund der fehlenden Kapazitäten und der chaotischen Zustände in den bombardierten Städten ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Bombenblindgänger nicht beräumt wurde. Kennzeichnend dafür sind so genannte Lochbomben, die bereits entschärft jedoch am Fundort belassen wurden (Beispiel Bombenfund am 20.02.2008 in Kettenheim [NN 2008a]). Im Rahmen von Bombenbergungen wurden alte Holzverbaue über scharfen Blindgängern in Oranienburg aufgefunden, die zeigen, dass die Bergung abgebrochen wurde [KMBD BRB 2007a].

### **3.2 Beräumung von Blindgängern in der Deutschen Demokratischen Republik (1945 bis 1990)**

Direkt nach dem Krieg waren in der sowjetischen Besatzungszone die örtlichen sowjetischen Stadtkommandanten als örtliche Polizeibehörden für Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen zuständig. Die Organisation bzw. der Aufbau von örtlichen Polizeibehörden fand im gesamten Besatzungsgebiet weitgehend unabhängig voneinander statt. Die Polizeiangehörigen waren für die Kampfmittelbeseitigung zuständig, jedoch auch für die Beseitigung von gefährlichen Ruinen und für die Versorgung der Bevölkerung. Bis zu ihrer Verstaatlichung im Jahr 1949 wurden auch private Firmen für die Kampfmittelbeseitigung in der sowjetischen Besatzungszone eingesetzt. 1950 wurden die Aufgaben der Kampfmittelbeseitigung den Landesbehörden der Deutschen Volkspolizei übertragen. Den Landesbehörden wurden eigene Wirtschaftsbetriebe zugeordnet, die so genannten „Regiebetriebe Abrüstung“ [Thamm 1995]. Den Bezirken der Länder wurden zur Kampfmittelbeseitigung „Fliegende und Stehende Kommandos“ zugeteilt. Diese „Fliegenden Kommandos“ waren für die Bereinigung von Zufallsfundstellen zuständig, „Stehende Kommandos“ beräumten flächig bzw. systematisch z. B. Waldgebiete im "Kessel von Halbe" oder geplante Baustellen [Deutsche Volkspolizei Regiebetrieb Abrüstung 1953].

Die Kampfmittelräummaßnahmen im betrachteten Zeitraum können beispielsweise für den Bereich des heutigen Landes Brandenburg wie folgt untergliedert werden:

- Zufallsfunde wurden sofort beräumt.
- Bei einer Häufung von Zufallsfunden wurde flächig beräumt.
- Gebiete mit bekannter Munitionsbelastung wurden in der Regel, soweit realisierbar, systematisch abgesucht.
- Bei bekannter Munitionsproblematik wurden Flächen, auf denen Bauarbeiten geplant waren, grundsätzlich abgesucht [Krull 2007].

Die Beräumung von Zufallsfunden hatte laut dem „Bericht über dem Regiebetrieb Abrüstung Brandenburg für das Jahr 1953“ höchste Priorität. Nach Eingang der Meldung eines Zufallsfundes sollte die Beräumung nach maximal drei Tagen abgeschlossen sein. Grund hierfür ist die Tatsache, dass Zufallsfundstellen in den meisten Fällen der Anlass zu Unglücksfällen, insbesondere mit Kindern, waren. Im Jahr 1953 wurden in den Bezirken Potsdam und Frankfurt/Oder beispielsweise 27 Unfälle durch die Detonation von Sprengkörpern bekannt. Hierbei wurden 19 Personen getötet und 33 Personen verletzt [Deutsche Volkspolizei Regiebetrieb Abrüstung 1953]. In den folgenden Jahrzehnten kam es immer wieder zu schweren bzw. tödlichen Unfällen von Zivilpersonen im Zusammenhang mit Kampfmitteln. In den 1970er Jahren wurden auf dem Gebiet der DDR 182 Menschen, meist Kinder und Jugendliche, schwer verletzt und davon zwölf getötet [Thamm 1995].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Beräumung von Zufallsfunden im Vordergrund der Kampfmittelbeseitigung und damit der Gefahrenabwehr stand. Systematische, vollflächige Beräumungen fanden in Einzelfällen statt, beispielsweise auf dem ehemaligen Gelände der Auerwerke in Oranienburg oder bei Großbauprojekten wie der Errichtung des Petrolchemischen Kombinati (PCK) in Schwedt [Rat des Bezirkes Potsdam -Der Vorsitzende- 1969; Deutsche Volkspolizei Munitions-Bergungsbetrieb 1959]. Die systematische Kampfmittelbeseitigung sowie die Beräumung von Zufallsfunden wurde nur sehr spärlich dokumentiert, es existieren nur bruchstückhafte Dokumentationen der Anzahl der geborgenen Bombenblindgänger und keine Ortsreferenzen. Bei der systematischen Bearbeitung von Kampfmittelverdachtsflächen nach 1991 konnte daher auf keine vorhandenen Daten zurückgegriffen werden. Hinzu kommt die angewendete Technologie der Kampfmittelortung, die aus heutiger Sicht keine sichere Detektion von Bombenblindgängern gewährleistet [Krull 2007].

### **3.3 Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger in der Bundesrepublik Deutschland von 1945 bis 1990**

Zunächst war das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland durch die Besatzungszonen der Westalliierten repräsentiert. Nach Kriegsende unterhielten die jeweiligen Besatzungsmächte eigene Räumkommandos, in denen auch deutsche Kräfte eingesetzt wurden. Teilweise gab es auch Privatfirmen, die zur Kampfmittelbeseitigung herangezogen wurden.

Bereits vor 1949 wurden die Aufgaben der Munitionsbergung teilweise den westdeutschen Ländern übertragen, bevor am 1. Juli 1949 diese Verantwortung gänzlich an die Länder übertragen wurde. In der Regel waren die Räumkommandos den jeweiligen Innenministerien der Länder unterstellt. In der amerikanischen Besatzungszone wurde von den Ländern Bayern, Hessen und Württemberg-Baden bereits 1947 die „Staatliche Erfassungsgesellschaft für öffentliches Gut“ gegründet, die bis 1952 u. a. für die Beseitigung von Munition und die Wiederverwertung von Rohstoffen aus der Konversion zuständig war [Lambrecht 2007].

Die Länder regelten die Kampfmittelbeseitigung in eigener Zuständigkeit und in eigenem Ermessen. Daraus entwickelten sich in der Folgezeit Unterschiede in der Organisation der Kampfmittelbeseitigung in den einzelnen Bundesländern. Neben den bundesgesetzlichen Grundlagen (z. B. Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe - Sprengstoffgesetz) erließen die Länder unabhängig voneinander Kampfmittelverordnungen. Die Kampfmittelbeseitigung wurde teilweise den Polizeistrukturen zugeordnet, blieb teilweise aber auch unabhängig oder wurde dem Katastrophenschutz zugeordnet [Lambrecht 2007].

Zu den Kernaufgaben der staatlichen Kampfmittelbeseitigungsdienste in den westdeutschen Bundesländern gehörten in der Regel die Ermittlung und Bewertung von Kampfmittelbelastungen und die damit verbundenen staatlichen Handlungspflichten. Dies beinhaltete die Festlegung von Grundsätzen und Verfahrensweisen der Kampfmittelbeseitigung, die Durchführung besonders gelagerter Räummaßnahmen, die Planung und fachliche Aufsicht von Kampfmittelräummaßnahmen, die

Dokumentation von Kampfmittelräummaßnahmen sowie die Vernichtung von Kampfmitteln. Durch die Sammlung und Aufbereitung von Informationen bezüglich der Kampfmittelbelastung ermittelten die Kampfmittelbeseitigungsdienste Zonen besonderer Belastung und erstellten landesweite Kataster über die Kampfmittelbelastung [Thamm 2002; Lambrecht 2007].

Im Rahmen der Gefahrenabwehr aufgrund blindgegangener Abwurfmunition wurden die Kampfmittelräumdienste wie folgt tätig:

- Auswertung von schriftlichen, mündlichen und bildlichen Hinweisen auf wahrscheinliche Belastung mit Kampfmitteln
- Aufgrabung repräsentativer Geländeabschnitte zur Ermittlung von Anhaltspunkten für die Kampfmittelbelastung und des voraussichtlichen Aufwands für deren Beseitigung
- Projektmanagement und Fachaufsicht für die Beauftragung privater Räumfirmen
- Detektion und Freilegung von Kampfmitteln
- Entschärfung, Sprengung oder Abtransport aufgefundener Kampfmittel
- Vernichtung von Kampfmitteln
- Beschaffung und Auswertung von Kriegsluftbildern nach Öffnung der Archive der Westalliierten
- Dokumentation von Kampfmittelbelastung und der Beseitigungsmaßnahmen [Thamm 2002; Lambrecht 2007]

Die Beseitigung von Zufallsfunden war und ist auch heute noch eine der wichtigsten Aufgaben der Kampfmittelbeseitigungsdienste im Rahmen der Abwehr aufgrund blindgegangener Abwurfmunition. Durch das Verfügbarwerden und die Auswertung der Kriegsluftbilder der Alliierten konnten Verdachtspunkte für Bombenblindgänger identifiziert und gezielt bearbeitet werden. Systematische Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen wurden im Rahmen von Bauprojekten oder bei besonderem Kampfmittelverdacht durchgeführt.

### **3.4 Gefahrenabwehr in der Bundesrepublik Deutschland von 1990 bis heute**

Nach der Wiedervereinigung beider deutscher Staaten im Jahr 1990 wurden die, der Volkspolizei zugeordneten, Munitionsbergungsdienste in der DDR aufgelöst. Es wurden staatliche Munitionsbergungsdienste, als Fachdienste bzw. Fachbehörden der neuen Bundesländer, geschaffen. Wie in den alten Bundesländern wurden diese den Landespolizeibehörden bzw. den Landeskatastrophenschutzbehörden unter dem Dach des jeweiligen Innenministeriums zugeordnet.

Durch die nach 1990 in Ostdeutschland einsetzenden umfangreichen Baumaßnahmen (Hochbau, Tiefbau, Infrastrukturbau) sowie durch den Abzug der Westgruppe der sowjetischen Streitkräfte, die durch den militärischen Übungsbetrieb stark kampfmittelbelastete Liegenschaften hinterließen, entstand ein großer Bedarf an Kampfmittelräumdienstleistungen. In den neuen Bundesländern entstanden in diesem Rahmen eine Reihe von privaten Kampfmittelräumfirmen.

Die Tätigkeitsbereiche ausgewählter staatlicher Kampfmittelbeseitigungsdienste sind in einer Übersicht dargestellt (Tabelle 2).



Tabelle 2: Tätigkeitsbereiche ausgewählter staatlicher Kampfmittelbeseitigungsdienste  
[IUT-Ingenieurgesellschaft für Umwelttechnik mbH 1998]

Bundesland  -  Tätigwerden des staatlichen Kampfmittelbeseitigungs- dienstes	Bayern*	Baden-Württemberg	Berlin	Brandenburg	Hamburg	Hessen	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Freistaat Sachsen
Gefährdung der öffentlichen Sicherheit durch Kampfmittel (Bearbeitung von Zufallsfunden)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Umfeldabsuche bei Kampfmittelfunden	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hinweise auf die Lage von Blindgängern	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Im Vorfeld von Planungs- oder Baumaßnahmen nach Anfrage von öffentlichen oder privaten Stellen		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Durch Auflagen der Baurechtsbehörde im Vorfeld von Baumaßnahmen		x		x	x		x	x			x
Durch Empfehlung der Baurechtsbehörde im Vorfeld von Baumaßnahmen										x	
Landesprogramm zur systematischen Beseitigung von Kampfmitteln			x	x			x				
*) durch Privatfirmen realisiert											

Die Dienste werden grundsätzlich bei nachgewiesenen Gefahren tätig, d. h. bei Zufallsfunden oder konkreten Hinweisen auf Kampfmittel. Konkrete Hinweise auf Bombenblindgänger sind beispielsweise Verdachtspunkte aus der Luftbilddauswertung. In fast allen Bundesländern sind im Vorfeld von Baumaßnahmen die Belange der Kampfmittelproblematik zu berücksichtigen. Dazu sind die Anforderungen in der Landesbauordnung bzw. in nachgeordneten Erlassen festgelegt. Die Kampfmittelbeseitigungsdienste stellen den betroffenen Behörden Informationen über den Kampfmittelverdacht in den Bundesländern beispielsweise in Form von Kampfmittelverdachtskarten zur Verfügung. Die Behörde hat bei bauordnungsrechtlichen Verfahren abzu prüfen, inwieweit Bauvorhaben vom Kampfmittelverdacht betroffen sind und muss entsprechend notwendige Räummaßnahmen abfordern.

Die Daten über Kampfmittelverdachtsgebiete werden den betroffenen Behörden in einigen Bundesländern als analoges oder digitales Kartenmaterial zu Verfügung gestellt. Hier sei eine erfolgreiche Anwendung einer behördeninternen Intranetplattform zum Austausch von Daten der Kampfmittelbeseitigung genannt, die Intranetseite „Geoinfo.online“ des Landesbetriebes für Geoinformation und Vermessung der Hansestadt Hamburg. Dort sind die Daten der Kampfmittelbeseitigung für betroffene Behörden der Stadt auf Basis eines webbasierten geografischen Informationssystems ständig verfügbar [Voß 2007].

## **4 Rechtlicher Rahmen für die Kampfmittelbeseitigung**

Eine bundeseinheitliche gesetzliche Rechtsgrundlage für die Kampfmittelbeseitigung ist nicht vorhanden. Grundsätzlich ist die Kampfmittelbeseitigung als Teil der Gefahrenabwehr Aufgabe der Bundesländer. Allerdings gibt es eine eingeschränkte Zuständigkeit des Bundes auf Bundesliegenschaften, Liegenschaften der Bundeswehr und aufgrund der Rechtsnachfolge des Bundes für das Deutsche Reich.

Der rechtliche Rahmen der Kampfmittelbeseitigung, in dem die Finanzierung, die Zuständigkeit, Haftungsfragen etc. geregelt sind, setzt sich aus verschiedenen bundes- und landesrechtlichen Regelungen zusammen. Der Artikel 120 des Grundgesetzes (GG) regelt die Verteilung der Aufgaben zwischen Bund und Ländern und ordnet die Zuständigkeit für die Kampfmittelbeseitigung als Teil der Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung indirekt den Bundesländern zu. Das Allgemeine Kriegsfolgenrecht (AKG) regelt die Gefahrenbeseitigungsansprüche, die gegenüber dem Bund geltend gemacht werden können. Sie beziehen sich jedoch nur auf Gefahrenquellen, die vom Deutschen Reich oder einem anderen in § 1 Abs. 1 des AKG genannten öffentlichen Rechtsträger geschaffen wurden [BMF et al. 2000]. Letztlich spielt das AKG im Rahmen der Kampfmittelbeseitigung nur für die Erstattung der Kosten für die Bergung und Beseitigung von ehemals reichseigener Munition eine Rolle. Hier haben die Länder einen Anspruch auf Erstattung von Kosten durch den Bund, die für die Suche nach, die Bergung und die Vernichtung von ehemals reichseigener Munition entstehen. Ein aktuelles Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 14. Juni 2006 (Aktenzeichen 3A6.05) bestätigt, dass der Bund im Rahmen der Beseitigung von reichseigener Munition nicht nur die Bergung und Vernichtung zu finanzieren hat, sondern auch für die Kosten für Vor- und Nebenarbeiten aufkommen muss [Mitglieder des Bundesverwaltungsgerichts 2006]. Weitere gesetzliche Regelungen des Bundes, die die Kampfmittelbeseitigung betreffen, sind das Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz – SprengG), das Gesetz über die Kontrolle von Kriegswaffen (Kriegswaffenkontrollgesetz – KrWaffG), das Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen

(Chemikaliengesetz – ChemG), das Ausführungsgesetz zum Chemiewaffen-übereinkommen (CWÜAG) und die den Gesetzen nachgeordneten Verordnungen und Verwaltungsvorschriften. Als weitere bundesweit gültige Vorschriften sind die Berufsgenossenschaftlichen Regelungen bzw. Unfallverhütungsvorschriften zu nennen [BMVBS et al. 2007]. In den Arbeitshilfen Kampfmittelräumung hat der Bund darüber hinaus Regelungen für die Kampfmittelräumung auf bundeseigenen Liegenschaften getroffen, die bezogen auf die Methodik auf die Länder übertragbar sind.

Das Landesrecht ist für die Regelung der Aufgaben, der Zuständigkeiten und der Organisation der Kampfmittelbeseitigung zuständig. Die Notwendigkeit der Kampfmittelbeseitigung leitet sich aus dem Polizei- und Ordnungsrecht her. Auf Grundlage landesrechtlicher Regelungen, beispielsweise dem Gesetz über öffentliche Sicherheit und Ordnung des Landes Mecklenburg-Vorpommern oder dem Ordnungsbehördengesetz des Landes Brandenburg, wurden Kampfmittelverordnungen erlassen.

Da Bautätigkeiten in der Regel mit Eingriffen in den Untergrund verbunden sind, spielt die Kampfmittelproblematik weiterhin bauordnungsrechtlich eine Rolle. Bundesweit finden sich auf Landesebene baurechtliche Regelungen zum Umgang mit einem Kampfmittelverdacht auf Grundstücken, wo Baumaßnahmen erfolgen sollen. Auch umweltrechtliche Rahmenbedingungen sind bei der Kampfmittelbeseitigung zu berücksichtigen, da bei Eingriffen in den Untergrund bei der Kampfmittelsondierung oder -bergung wasserrechtliche und bodenschutzrechtliche Vorgaben zu berücksichtigen sind. Im Folgenden werden die wichtigsten rechtlichen Rahmenbedingungen näher beleuchtet.

## 4.1 Polizei- und Ordnungsrecht

Die Kampfmittelbeseitigung muss dem Sachgebiet des Polizei- und Ordnungsrechts zugeordnet werden, da sie der Abwehr von Gefahren für Leib und Leben des Menschen, für Sachgüter und entsprechend der Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung und Sicherheit dient. Das Bundesverwaltungsgericht definierte 1975 den Begriff der Gefahr wie folgt: „Nach allgemeiner Auffassung liegt eine Gefahr vor, wenn eine Sachlage oder ein Verhalten bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens mit Wahrscheinlichkeit ein Rechtsgut schädigen wird“ [Mitglieder des Bundesverwaltungsgerichts 1975]. Eine Gefahr ist nach der Verwaltungsvorschrift zum AKG nur dann abzuwenden, wenn sie unmittelbar ist. Unmittelbarkeit der Gefahr ist dann gegeben, wenn sie entweder gegenwärtig ist oder nicht vorhergesehen werden kann, wann Leben und Gesundheit von Menschen geschädigt werden können [BMF et al. 2000]. Gewahrsamlos gewordene Kampfmittel stellen aus mehreren Gründen eine unmittelbare Gefahr für die öffentliche Ordnung und Sicherheit sowie Leben und Gesundheit dar. Zum einen könnten sie mit oder ohne äußere Einwirkungen zur Umsetzung gelangen und dadurch Schäden bis zum Tod verursachen. Zum anderen besteht die Gefahr, dass Kampfmittel in die Hände Unbefugter gelangen oder für kriminelle Aktivitäten verwendet werden könnten. In den Bundesländern sind die Fragen der Gefahrenabwehr in den Landespolizeigesetzen geregelt, wie z. B. im Hessischen Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (HSOG), im Polizeigesetz (PolG) von Baden-Württemberg oder dem Allgemeinen Sicherheits- und Ordnungsgesetz (ASOG) in Berlin. Die Aufgaben der Gefahrenabwehr obliegen im ordnungsrechtlichen Sinne den örtlichen Ordnungsbehörden, das heißt den Kommunen.

Der Umgang mit Kampfmitteln erfordert eine besondere Fachkunde, daher halten die Bundesländer Kampfmittelbeseitigungsdienste vor, die die Ordnungsbehörden und die Polizeibehörden bei der Beseitigung von Kampfmitteln unterstützen. Beispielsweise hat das Land Brandenburg im Geschäftsbereich des Ministeriums des Innern einen Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) eingerichtet. Der KMBD Brandenburg ist ein Fachdienst und hat in eigener Zuständigkeit die Kampfmittelbeseitigung, unabhängig von der Zuständigkeit der kommunalen Ordnungsbehörden, durchzuführen [ZD der Polizei BRB 2007].

## 4.2 Kampfmittelverordnungen der Länder

Die Innenminister der Länder können innerhalb ihrer Geschäftsbereiche ordnungsbehördliche Verordnungen zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung erlassen (vgl. z. B. § 25 Abs. 1 Ordnungsbehördengesetz Brandenburg oder § 26 Abs. 1 Ordnungsbehördengesetz Nordrhein-Westfalen). Die Verordnungen im Sinne der Abwehr von Gefahren aufgrund von Kampfmitteln sind die Kampfmittelverordnungen der Länder. Jedoch haben nicht alle Bundesländer Kampfmittelverordnungen erlassen. Diese beinhalten in der Regel Begriffsbestimmungen, Anzeigepflichten, Verbote und Genehmigungen für den Umgang mit Kampfmitteln und Anwendungsbereiche der Verordnung. In der folgenden Tabelle 3 sind die Inhalte der Kampfmittelverordnungen ausgewählter Bundesländer gegenübergestellt. Diese sind vom Umfang her grundlegend ähnlich, d. h. hinsichtlich der Definition von Kampfmitteln, der Anzeigepflichten sowie des Verbotes und der Erlaubnis des Umgangs mit Kampfmitteln. Im Detail unterscheiden sich die Vorschriften. Beispielsweise werden zusätzlich Zuständigkeiten, Ordnungswidrigkeiten oder Zuständigkeiten im Zusammenhang mit Kampfmitteln geregelt.

*Tabelle 3: Übersicht, Inhalte der Landesvorschriften zu Kampfmitteln ausgewählter Bundesländer*

<b>Bundesland</b>	<b>Bayern (Bekanntmachung)</b>	<b>Brandenburg (Verordnung)</b>	<b>Hessen (allgemeine Bestimmungen)</b>	<b>Mecklenburg-Vorpommern (Verordnung)</b>	<b>Nordrhein-Westfalen (Verordnung)</b>
Definition von Kampfmitteln	x	x		x	x
Anzeigepflicht bei Besitz oder Entdeckung von Kampfmitteln	x	x	x	x	x
Verbot der Suche und des Umgangs mit Kampfmitteln	x	x	x	x	x
Erlaubnis des Umgangs mit Kampfmitteln für beauftragte Stellen	x	x	x	x	x
Betretungsverbot für Flächen, auf denen Kampfmittel entdeckt wurden		x		x	x
Ordnungswidrigkeiten		x		x	x
Anwendungsbereich der Kampfmittelverordnung (nicht Polizei, Bundespolizei, Bundeswehr)	x	x		x	x
Anzeigepflicht zugelassener Unternehmen		x			
Zuständigkeiten	x		x	x	
Organisation der Kampfmittelbeseitigung	x		x		
Polizeiliche Maßnahmen beim Kampfmittelfund	x		x		
Fachaufsicht des KMBD				x	
[STMI Bayern 2007; MI BRB 1998; Regierungspräsidium Darmstadt 2008; IM MV 1993; IM NRW 2003]					



## 4.3 Bauordnungsrecht

Im Rahmen von Bauarbeiten finden Eingriffe in den Untergrund statt, die gerade in Kampfmittelverdachtsgebieten zum Kontakt mit Kampfmitteln führen können. Durch die mit Bauarbeiten verbundenen mechanischen Einwirkungen können Kampfmittel zur Umsetzung gebracht werden und stellen eine daher große Gefahr, insbesondere bei Tiefbaubarbeiten, dar. Die bauordnungsrechtlichen Vorschriften der Länder, die Landesbauordnungen, enthalten in der Regel Vorschriften zum Schutz gegen schädliche Einflüsse (vgl. § 16 BauO Nordrhein-Westfalen oder § 11 BbgBO). Demnach dürfen durch chemische, physikalische oder biologische Einwirkungen aufgrund einer Baumaßnahme keine Gefahren entstehen. Weiterhin müssen Grundstücke für bauliche Anlagen geeignet sein. Im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren in kampfmittelverdächtigen Gebieten muss daher zur Erwirkung einer Baugenehmigung die Kampfmittelfreiheit des Baugrundstückes nachgewiesen werden. Dazu muss der Bürger die Kampfmittelfreiheitsbescheinigung bei der entsprechenden Behörde, in der Regel dem jeweiligen Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes, beantragen. In der Praxis wird mittels Luftbildauswertung der Verdacht auf Kampfmittel durch die Auswertung historischer Luftbilder näher untersucht. Falls der Verdacht durch die Ergebnisse der Luftbildauswertung erhärtet wird, ist eine Kampfmittelsuche durch Sondierungen auf dem betroffenen Grundstück durchzuführen.

## 4.4 Umweltrecht

Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen können mit Eingriffen in den Untergrund verbunden sein. So werden für die Kampfmittelsondierung mittels Bohrlochsondierungen Bohrlöcher abgeteuft. Bei Kampfmittelbergungsmaßnahmen für Bombenblindgänger werden Schächte ausgehoben. Dabei können Boden, Grundwasser, Gewässer und Abfallablagerungen betroffen sein. In diesem Zusammenhang sind Fragen des Umweltrechts zu berücksichtigen. Grundlagen auf bundesrechtlicher Ebene sind insbesondere das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) sowie nachgeordnete landesrechtliche Regelungen.

Bei technischen Eingriffen in den Untergrund ist insbesondere die Altlastenproblematik zu berücksichtigen. Einerseits können unbeabsichtigt Schadstoffe mobilisiert werden, andererseits können durch das Zutagebringen kontaminierter Grundwässer oder Matrices arbeitsschutzrechtliche Anforderungen für kontaminierte Bereiche erforderlich werden bzw. besondere Entsorgungs- oder Sanierungsmaßnahmen notwendig werden. Weiterhin sind bei Schachtarbeiten in Bereichen mit geringen Grundwasserflurabständen Wasserhaltungs- bzw. Grundwasserabsenkungsmaßnahmen erforderlich, die je nach Fördermenge einer Genehmigung der zuständigen Wasserbehörden bedürfen.

## **4.5 Rechtsgrundlage und Organisation der Kampfmittelbeseitigung im Land Brandenburg**

In diesem Abschnitt werden beispielhaft der rechtliche Rahmen und die Organisation der Kampfmittelbeseitigung im Land Brandenburg dargestellt. Die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Methodik zur Bewertung von Gefahren durch blindgegangene Bomben wird im Kapitel 8 am Beispiel der Stadt Oranienburg im Land Brandenburg angewendet.

Bis Ende des Jahres 1990 war die Kampfmittelbeseitigung im Land Brandenburg Aufgabe des Munitionsbergungsdienstes der Volkspolizei. Ab 1991 war der Staatliche Munitionsbergungsdienst (StMBD) des Landes Brandenburg als eigenständige Fachbehörde für die Aufgaben der Kampfmittelbeseitigung zuständig. Seit 2004 ist der Munitionsbergungsdienst nach einer Umbenennung und Umorganisation als Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) dem Zentraldienst der Polizei des Landes Brandenburg unterstellt.

Die Aufgaben des KMBD umfassen Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr, d. h.:

- Räumung von Zufallsfunden (Freilegung sowie Entschärfung bzw. Sprengung)
- Kampfmittelräummaßnahmen auf landeseigenen, kommunalen und bundeseigenen Flächen
- die flächendeckende Ermittlung der Kampfmittelbelastung
- die Dokumentation der Kampfmittelräummaßnahmen
- den Transport, die Lagerung und die Vernichtung von Kampfmitteln
- die Abschätzung von Gefahren, die von Kampfmitteln ausgehen können

Als Fachdienst steht der KMBD anderen Behörden beratend zur Seite und führt die Fachaufsicht über Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen privater Unternehmen der Kampfmittelbranche [MI BRB 1998].

Im Jahr 1994 wurde durch den Runderlass III Nr. 78/1994 des Ministers des Innern im Einvernehmen mit dem Minister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg die Einbeziehung des Staatlichen Munitionsbergungsdienstes bei der Aufstellung von Bauleitplänen entsprechend § 4 (1) Baugesetzbuch (BauGB) festgelegt [MI BRB 1994]. Weiterhin müssen den unteren Bauaufsichtsbehörden zur

Erteilung einer Baugenehmigung eine Munitionsfreiheitsbescheinigung des KMBD vorliegen, wenn das Grundstück in einem mit Kampfmitteln belasteten Gebiet liegt. Zur Umsetzung des Erlasses stellt der KMBD den unteren Bauaufsichtsbehörden seit Januar 1995 Kartenmaterial zur Verfügung, das Auskunft über mit Kampfmitteln belastete Flächen im Land Brandenburg gibt.

Der Runderlass wurde im August 1997 wie folgt ergänzt bzw. verändert [MI BRB 1997]: „Die Kampfmittelfreiheitsbescheinigung kann durch den Staatlichen Munitionsbergungsdienst (StMBD) oder durch einen Nachweis der Kampfmittelfreiheit einer vom Grundstückseigentümer/Antragsteller beauftragten Fachfirma beigebracht werden.“ Im Falle der Beauftragung einer Privatfirma ist dem StMBD der Nachweis der Kampfmittelfreiheit zur Austragung aus dem Belastungskataster zur Kenntnis zu geben. Eine weitere Ergänzung des Runderlasses erfolgte 1999. Mit dieser wurde bei einer baubegleitenden Maßnahme die ständige Anwesenheit eines Feuerwerkers während des Bodenaushubs der Baugrube gefordert, wenn eine Kampfmittelsondierung aufgrund gestörter Bodenverhältnisse zuvor nicht möglich war [MI BRB 1999].

In der Praxis stellt sich die Verfahrensweise entsprechend den oben genannten Erlassen wie folgt dar. Bürger, die auf Grundstücken Nutzungsänderungen bzw. die Errichtung baulicher Anlagen vornehmen wollen, bedürfen nach § 54 Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) einer Baugenehmigung. Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens ist durch den Bauherren bzw. Grundstückseigentümer den unteren Bauaufsichtsbehörden eine Kampfmittelfreiheitsbescheinigung für das betroffene Grundstück vorzulegen, die durch den Antrag zur Überprüfung des betreffenden Grundstücks auf Kampfmittelbelastung beim KMBD des Landes Brandenburg oder durch Beauftragung eines privaten Unternehmens zur Beräumung des Grundstücks zu erwirken ist.

In Abbildung 2 ist die Verfahrensweise bei der Bearbeitung der Anträge zur Überprüfung eines Grundstücks auf Kampfmittelbelastung dargestellt. Sie zeigt die allgemeine Verfahrensweise bei der Kampfmittelbeseitigung in Brandenburg. Sofortmaßnahmen zur Gefahrenabwehr, d. h. die Beräumung von Zufallsfunden, wurden hierbei nicht berücksichtigt.

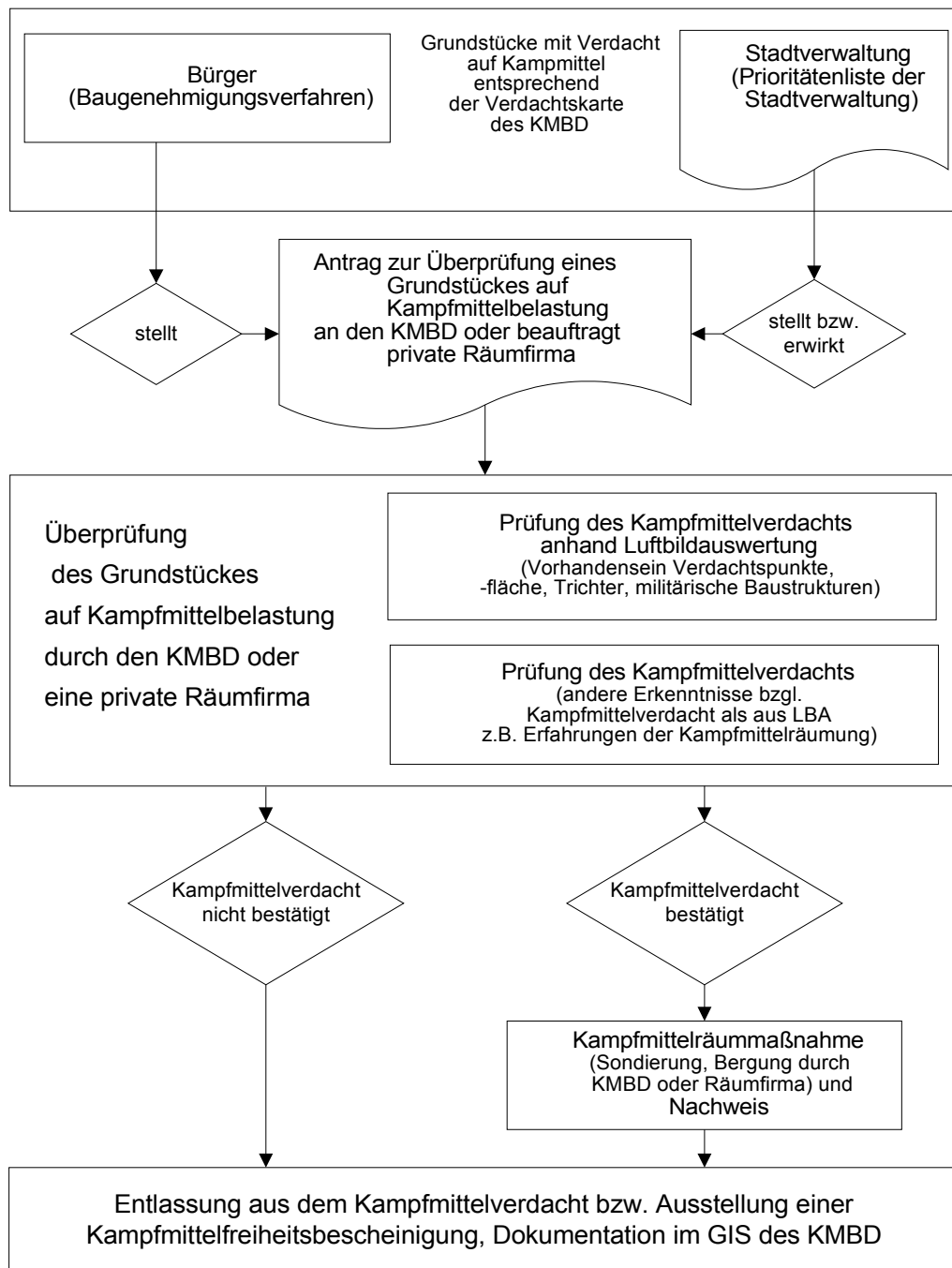


Abbildung 2: Aktuelle Verfahrensweise der Kampfmittelbeseitigung im Land Brandenburg, Zufallsfunde sind nicht berücksichtigt

Grundlage für Überprüfungen von Grundstücken auf Kampfmittelbelastung durch den KMBD sind:

- Anträge privater Grundstückseigentümer bzw. Bauherren aufgrund geplanter Baumaßnahmen oder Nutzungsänderung
- Anträge von Kommunen
- Aufträge von Landeseinrichtungen
- Aufträge von Bundeseinrichtungen

Zur Überprüfung von Grundstücken auf Kampfmittelbelastung durch den KMBD oder eine private Räumfirma erfolgt zunächst eine Luftbildauswertung zur Klärung, inwieweit das Grundstück und dessen lokale Umgebung im Zweiten Weltkrieg Einwirkungen durch Abwurfmunition oder andere Kampfhandlungen erfahren hat. Grundstücke einschließlich näherer Umgebung, bei denen auf historischen Luftbildern Verdachtspunkte bzw. Verdachtsflächen für Bombenblindgänger oder Trichter nachweisbar sind bzw. wo andere Kenntnisse zum Kampfmittelverdacht vorliegen, gelten als Verdachtsflächen für blindgegangene Abwurfmunition oder andere Kampfmittel und bedürfen einer Kampfmittelbeseitigungsmaßnahme. Sofern eine Luftbildauswertung nicht möglich ist, aus anderen Quellen aber Hinweise vorliegen, die eine Kampfmittelbelastung wahrscheinlich erscheinen lassen, erfolgt gegebenenfalls eine geophysikalische Sondierung mit anschließender Beräumung von festgestellten Anomalien. Nach Abschluss der Räummaßnahme muss der entsprechende Nachweis dem KMBD zur Dokumentation zu Kenntnis gegeben werden, falls der KMBD die Maßnahme nicht selbst durchgeführt hat. Der Bürger legt der unteren Bauaufsichtsbehörde die Kampfmittelfreiheitsbescheinigung als Bestandteil des Bauantrags vor.

## **5 Verfahrensweise und Technologie der Kampfmittelbeseitigung**

Die Kampfmittelbeseitigung umfasst alle Maßnahmen zum Auffinden, zum Bergen, zum Transport und zur Vernichtung gewahrsamlos gewordener Kampfmittel. Die Fundsituation von Kampfmitteln zeichnet sich dadurch aus, dass diese sich in der Regel im Erdbreich befinden und je nach Kampfmitteltyp in verschiedenen Tiefen unter der Geländeoberkante liegen. Kampfmittel der Artillerie und der Infanterie werden selten in Tiefen größer 1,5 m unter der Geländeoberkante (GOK) gefunden. Bombenblindgänger werden dagegen in Tiefen von bis zu 20 m unter GOK angetroffen, wobei die meisten in Tiefen bis zu 8 m unter GOK aufgefunden werden. Im Rahmen der Kampfmittelbeseitigung ist die Suche nach Bombenblindgängern der aufwändigste und kostenintensivste Arbeitsschritt [KMBD BRB 2007b]. Im Kontext dieser Arbeit gilt das Hauptaugenmerk in den nachfolgenden Ausführungen daher der Suche nach Bombenblindgängern.

Grundsätzlich ist die Suche nach Bombenblindgängern ein zweistufiges Verfahren, das in verschiedenen Handlungsanweisungen und Anleitungen des Bundes und der einzelnen Bundesländer dokumentiert ist [BMVBS et al. 2007]. Im ersten Schritt werden dabei in der Regel historische Informationen, z. B. Kriegsluftbilder oder historische Akten, ausgewertet, um Erkenntnisse über Kriegshandlungen und insbesondere Bombardierungen der jeweiligen Untersuchungsfläche zu erhalten. Im zweiten Schritt werden dann, sofern sich der Verdacht im Rahmen der historischen Recherche erhärtet hat bzw. nicht entkräften ließ, geophysikalische Messverfahren eingesetzt, um eventuell vorhandene Kampfmittel zu lokalisieren. Die geophysikalische Detektion mit oberflächen- oder bohrlochgeophysikalischen Verfahren liefert in der Regel lediglich Indikationen auf metallische oder diskrete Störkörper. Im Rahmen der Auswertung entscheidet der verantwortliche Feuerwerker dann über die Notwendigkeit einer Freilegung zwecks Identifizierung.

Auf Grundlage der Entscheidung, dass ein detektierter Störkörper freigelegt werden muss, erfolgt anschließend die Bergung. Erst bei Freilegung der Anomalie kann festgestellt werden, ob es sich bei der geophysikalisch detektierten Anomalie

tatsächlich um ein Kampfmittel handelt. Eine bekannte Anomalie mit Verdacht auf ein Kampfmittel ist in jedem Falle zu untersuchen, bis der Verdacht ausgeräumt bzw. bestätigt werden kann. Bestätigt sich der Verdacht, kann das Kampfmittel von einem Fachkundigen identifiziert werden. Je nach Typ und Zustand des Kampfmittels muss dieses, falls erforderlich, vor Ort entschärft werden, um es handhabungs- und transportsicher zu machen. Es gibt einige Kampfmittel, die vor Ort gesprengt werden müssen, weil eine Entschärfung aufgrund der Einstufung als handhabungsunsicheres Kampfmittel nicht möglich bzw. mit zu großem Risiko für den Entschärfer verbunden ist. Beispielhaft ist hier die Sprengung einer 500 kg Bombe im Stadtzentrum von Oranienburg in der Nähe der Havelschule im Jahr 1997 zu nennen, als aufgrund eines beschädigten chemischen Langzeitzünders keine Entschärfung möglich war [KMBD Brandenburg 1997]. Ein weiteres Beispiel sind 8,8 cm Sprenggranaten der Deutschen Wehrmacht aus dem Zweiten Weltkrieg, deren Blindgänger im verschossenen oder deformierten Zustand grundsätzlich als nicht transportfähig oder entschärfbar eingestuft sind. Das scharfe Zündsystem ist erfahrungsgemäß zu labil.

Zuletzt wurde in Hamburg am 14.01.2008 ein Bombenblindgänger mit LZZ gesprengt, da eine Entschärfung aufgrund der Deformation des Zünders nicht möglich bzw. zu riskant war [Borelli 2008].

Falls das Kampfmittel transportsicher ist, kann es geborgen und dann zum Ort der Vernichtung oder in ein Zwischenlager transportiert werden. Die Vernichtung der Kampfmittel kann mittels Sprengung, Delaborierung oder Verbrennung bzw. thermischer Verfahren erfolgen.



Die Arbeitsschritte der Kampfmittelbeseitigung sind in der Übersicht in Abbildung 3 dargestellt.

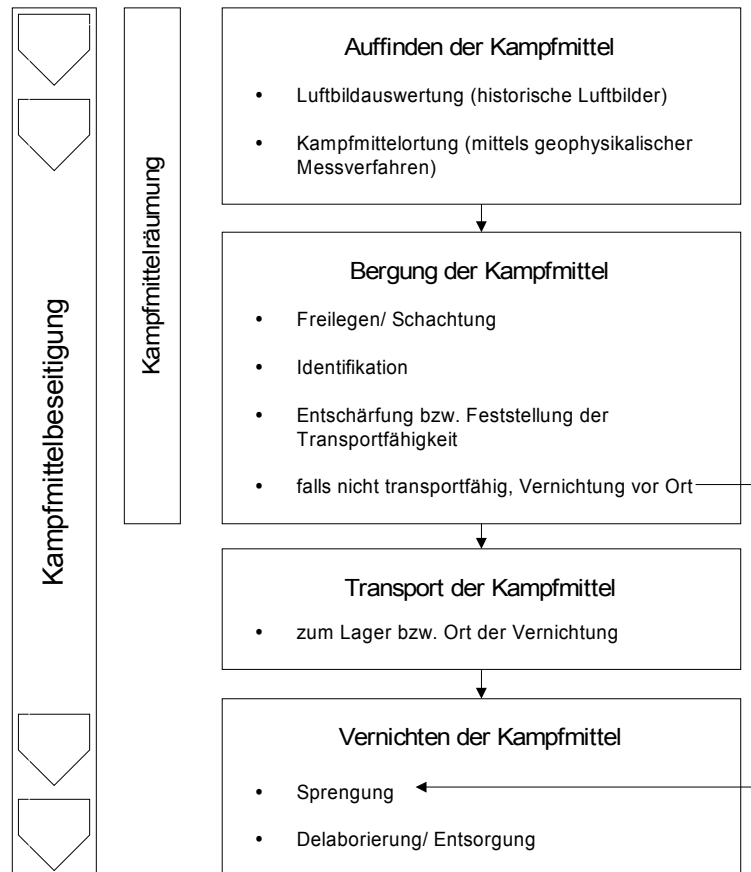


Abbildung 3: Arbeitsschritte der Kampfmittelbeseitigung

Anschließend werden die historische Recherche, die Luftbildauswertung und die geophysikalischen Messverfahren als wichtige und notwendige Werkzeuge der Kampfmittelbeseitigung dargelegt.

## 5.1 Historische Recherche und Luftbildauswertung

Ziel der historischen Recherche ist es, durch die Auswertung historischer Dokumente Informationen über die Kampfmittelbelastung einer Untersuchungsfläche zu gewinnen, ohne dabei Arbeiten auf der Fläche selbst vornehmen zu müssen. Durch die in der jüngeren Vergangenheit (1980er Jahre) erfolgte Freigabe von Aktenbeständen der Royal Airforce (RAF) und der United States Army Air Force (USAAF) sind umfangreiche Aktenbestände in folgenden Archiven verfügbar geworden:

- „National Archive“ in London (Großbritannien)
- „National Archives“ in Washington und Maryland (USA)
- „United States Air Force Historical Research Agency“ in Montgomery, Archiv der United States Air Force (USA)

Weiterhin sind umfangreiche Luftbildbestände der Westalliierten in den „Aerial Reconnaissance Archives“ der Keele University in Großbritannien verfügbar, die nur teilweise erschlossen sind, da Teile der Bestände erst 2006 vollständig freigegeben wurden [Winkelmann 2007]. Kriegsluftbilder aus ehemals sowjetischen Beständen sind nach dem aktuellen Stand nicht bekannt. Neben den Akten der Alliierten des Zweiten Weltkrieges sind im Bundesarchiv-Militärarchiv in Freiburg Aktenbestände, Karten und teilweise auch Luftbilder aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges verfügbar. Aufgrund der Kampfhandlungen auf deutschem Boden und der Konfiszierung deutscher Akten durch die Alliierten bei Kriegsende sind diese jedoch sehr unvollständig. Es gibt allerdings eine Reihe von Kriegstagebüchern und Berichten des Luftwaffenführungsstabes, die Auskunft über Luftangriffe auf und Kampfhandlungen in deutschen Städten geben.

Bezogen auf die Luftangriffe auf Deutschland lassen sich aus den Aktenbeständen der Alliierten wertvolle Informationen über die Anzahl der angreifenden Flugzeuge, die Ladelisten und auch über dokumentierte Erfolge bzw. Misserfolge der Angriffe recherchieren. Oftmals sind die originalen Auswerteberichte mit Luftbildern der Angriffe verfügbar, in denen Luftbilder ausgewertet wurden, die kurz nach dem Angriff vom Ziel aufgenommen wurden.

In den kommunalen Archiven der betroffenen Städte und Gemeinden sind häufig alte Fotos, Karten und Pläne oder teilweise Aussagen von Zeitzeugen erhalten, die wichtige Informationen über die Kampfmittelbelastung liefern können. Weiterhin können die Archive der Kampfmittelbeseitigungsdienste genutzt werden, die Informationen über Kampfmittelräummaßnahmen in der Vergangenheit oder relevante historische Informationen liefern können.

Im Ergebnis der Recherchen können, falls die entsprechenden Akten verfügbar sind, Aussagen über den Umfang und die Art der eingesetzten Kampfmittel gemacht werden. Als weiteres Ergebnis der Recherchen können häufig historische Kriegsluftbilder, welche die Situation in den Zielgebieten während des Krieges dokumentieren, beschafft werden. Die Kampfmittelbeseitigungsdienste der Länder haben in der Regel bereits umfangreiche Luftbildbestände gesammelt, die jedoch unter Umständen in Bezug auf die Vielzahl der im Zweiten Weltkrieg stattgefundenen Luftangriffe und aufgenommenen Luftbilder unvollständig sind. In den Luftbildarchiven in den USA und Großbritannien sind noch große unerschlossene Luftbildbestände vorhanden. Ihre Erschließung ist aufgrund der entstehenden Kosten und des großen Umfangs kurzfristig nicht realisierbar.

Luftbilder sind objektive Momentaufnahmen, die umfangreiche Informationen über die Nutzungsstrukturen und die Auswirkungen der Kampfhandlungen geben können. Durch die stereoskopische Auswertung von Luftbildstereopaaren können neben Bombentrichtern, Schützengräben, Flakstellungen und Mannlöchern auch Verdachtspunkte für blindgegangene Abwurfmunition identifiziert werden. Die Aussagekraft von Luftbildern zur Beurteilung der Kampfmittelbelastung einer Fläche ist jedoch von vielen Faktoren abhängig:

- von der Qualität des einzelnen Luftbildes (räumliche Auflösung, Kontrast, Lichtverhältnisse, Aufnahmewinkel, Georeferenzierbarkeit usw.)
- von der zeitlichen Auflösung der Luftbildabfolge einer Fläche, d. h. fanden zwischen zwei Luftbildaufnahmen mehrere Angriffe statt, überdecken die jüngsten Bombentrichter andere Trichter und Verdachtspunkte
- von der Lage der Verdachtsfläche, z. B. unter Bäumen, in Häuserschluchten, im Schatten, ohne freie Sicht auf den Boden etc.

In Oranienburg im Land Brandenburg konnten beispielsweise mittels Luftbildauswertung 70 % der seit 1991 geborgenen Bombenblindgänger im Luftbild als Verdachtspunkte identifiziert werden [KMBD BRB 1991-2007]. Diese Zahl ist jedoch nicht als allgemeingültig anzusehen, da in Oranienburg relativ wenige Angriffe auf die gleichen Ziele stattfanden und jeweils Luftbilder zur Auswertung vorlagen. In Nordrhein-Westfalen wurden beispielsweise nur 32 % des Bombenfundaufkommens (Bomben  $\geq$  50 kg) im Jahr 2006 durch die Luftbildauswertung ermittelt. Der Rest wurde zufällig oder bei systematischen Flächenberäumungen gefunden [IM NRW 2007]. Trotzdem stellt die Luftbildauswertung heute eines der wichtigsten Instrumente bei der Beseitigung von Bombenblindgängern dar.

## 5.2 Kampfmittelsuche mit geophysikalischen Messverfahren

Zur Lokalisierung von Kampfmitteln auf Kampfmittelverdachtsflächen werden geophysikalische Messverfahren eingesetzt. Diese Messverfahren beruhen auf der Messung physikalischer Kontraste, wobei meistens ferromagnetische (Magnetik), metallische (Elektromagnetik) oder diskrete Objekte als Anomalien, bezogen auf ihr Umfeld (Georadar), detektiert werden. Diese Anomalien sind vorhanden und messbar, da sich die physikalischen Eigenschaften eines Kampfmittels bzw. eines Störkörpers aufgrund der Materialeigenschaften wesentlich von z. B. gewachsenem Boden unterscheiden. Die Größe der Anomalie, hinsichtlich ihrer räumlichen Ausdehnung und ihrer Intensität, und damit die Detektierbarkeit eines Kampfmittels ist abhängig von dem geophysikalischen Kontrast, der sich in Abhängigkeit:

- der Unterschiede der Materialeigenschaften von Kampfmittel und Umgebungsmatrix
- des Volumens des Kampfmittels
- der Entfernung zwischen Messsystem und Kampfmittel,
- der Form des Körpers
- und von Störgrößen in der Umgebung

ausbildet. Folgende physikalische Größen (Messgrößen) können zur Detektion von Kampfmitteln im Untergrund dienen [Knödel et al. 1997; Winkelmann et al. 2007]:

- die magnetische Suszeptibilität  $\chi$  [dimensionslos] als Maß für die Fähigkeit eines Körpers zur Magnetisierung in einem Magnetfeld
- die Ausbreitungsgeschwindigkeiten  $v$  [m / s] von Wellen bestimmter Wellenlängen  $\lambda$  [m] in unterschiedlichen Medien
- die Dichte  $\rho$  [kg / m<sup>3</sup>] als Maß des Verhältnisses von Masse zu Volumen einer bestimmten Materie bzw. des Zustandes einer bestimmten Materie
- der spezifische Widerstand  $\rho$  [ $\Omega$  / m] als Maß für die Fähigkeit von Materialien, den Fluss von elektrischem Strom zu hemmen
- die spezifische Leitfähigkeit  $\sigma$  [S / m = 1 /  $\rho$ ] als Maß für die Fähigkeit von Materialien, elektrischen Strom zu leiten

- die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  [A s / V m] als Maß für die Durchlässigkeit von Materialien für elektrische Felder

Bei der Auswahl eines geeigneten geophysikalischen Messverfahrens ist zur Sicherstellung der Detektierbarkeit des Suchobjektes die Messgröße mit dem größten zu erwarteten geophysikalischen Kontrast unter Berücksichtigung der oben genannten Abhängigkeiten zu wählen.

Zur Auswahl eines Messverfahrens zur Detektion von Kampfmitteln müssen zuerst die Rahmenbedingungen für die Ausbildung des geophysikalischen Kontrastes betrachtet werden. Dazu sind die zu detektierenden Objekte zu charakterisieren und die möglichen Ablageszenarien zur Untersuchung der physikalischen Eigenschaften in der unmittelbaren Umgebung zu berücksichtigen.

Die typischen Bombenblindgänger lassen mit einer Gesamtmasse von 250 kg bzw. 500 kg, einem Stahlanteil von circa 40 %, einer Länge von circa 1,20 m und einem Durchmesser von circa 40 cm (siehe Tabelle 4) eine beträchtliche Anomalie erwarten. Diese kann jedoch aufgrund der Rahmenbedingungen zur Detektierbarkeit eines geophysikalischen Kontrastes (Ablagetiefe, permanente Magnetisierung, Suszeptibilität des Werkstoffs, Störgrößen im Umfeld, etc.) auch sehr klein sein. Die Stahlmasse von 100 bzw. 200 kg (siehe Tabelle 4) und die damit verbundenen magnetischen Eigenschaften verändern das lokale Erdmagnetfeld und erzeugen die entsprechende Anomalie.

*Tabelle 4: Technische Daten amerikanischer Sprengbomben [Dresdner Sprengschule GmbH 2003]*

<b>Bombentyp</b>	<b>GP 500 lb</b>	<b>GP 1000 lb</b>	<b>DEMO 1000 lb</b>
<b>Körperlänge (ohne Leitwerk)</b>	1143 mm	1349 mm	1357 mm
<b>Durchmesser</b>	361 mm	478 mm	478 mm
<b>Gesamtgewicht</b>	227 kg	443 kg	ca. 465 kg
<b>Stahlmasse</b>	107 kg	198 kg	195 kg

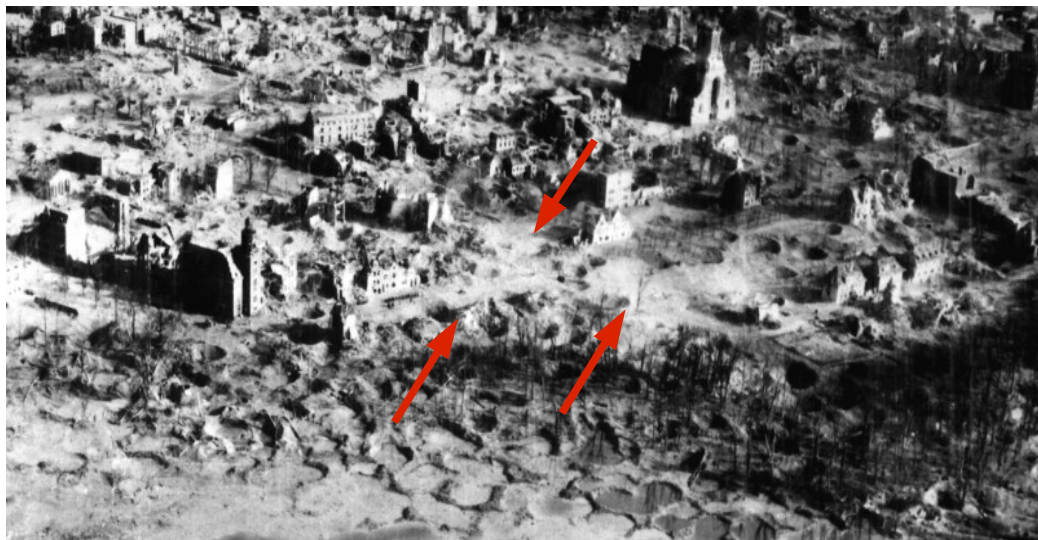
Die Magnetisierung eines Bombenblindgängers ist die Summe der aufgrund der durch das äußere Magnetfeld induzierten Magnetisierung in Abhängigkeit der Suszeptibilität und der permanenten<sup>3</sup>, dauerhaften, Magnetisierung des Stahlkörpers. Die messbare Anomalie im Erdmagnetfeld nimmt mit zunehmender Entfernung vom Bombenkörper je nach Betrachtung als Totalfeld oder Einzelkomponente mit der dritten bzw. vierten Potenz der Entfernung ab [Vogelsang 1993]. Weiterhin zeigen Bombenkörper aufgrund ihrer Materialeigenschaften im Vergleich zu Boden als typischem Fundumfeld eine hohe Dichte, einen geringen spezifischen Widerstand und eine hohe elektrische Leitfähigkeit. Diese Eigenschaften können zur geophysikalischen Detektion eines Bombenblindgängers genutzt werden. Inwieweit die genannten Eigenschaften im Umfeld eine messtechnisch erfassbare Anomalie bilden, ist, wie bereits beschrieben, von den physikalischen Eigenschaften der Umgebungsmatrix, z. B. dem umgebenden Boden, abhängig.

Theoretisch bilden eisenhaltige Kampfmittel in gewachsenen Böden starke Anomalien und sind bei entsprechender Lagertiefe gut mit verschiedenen geophysikalischen Messverfahren detektierbar, weil die gewachsenen Böden in der Regel aus nicht magnetisierbaren organischen und anorganischen Bestandteilen mit geringer elektrischer Leitfähigkeit bestehen.

---

3) Für Objekte anthropogenen Ursprungs (Eisen-/Stahlobjekte) spricht man von der permanenten Magnetisierung. Remanent beschreibt die dauerhafte Magnetisierung von geogenen Objekten und Strukturen [Breiner 1999].

In der Praxis gestalten sich die Rahmenbedingungen für die Durchführbarkeit geophysikalischer Messungen schwieriger. Während des Zweiten Weltkrieges waren in Deutschland hauptsächlich anthropogen geprägte Bereiche Ziele strategischer Flächenbombardements, das heißt Städte, Industrieanlagen oder Verkehrsanlagen bzw. -knotenpunkte. Diese Bereiche, in denen folglich auch Bombenblindgänger erwartet werden können, waren in der Regel durch das Vorhandensein baulicher und infrastruktureller Anlagen gekennzeichnet. Durch die Bombenangriffe wurden umfangreiche Gebäude und Anlagen zerstört. Im Rahmen der Aufbaumaßnahmen nach dem Krieg wurden Bombentrichter verfüllt und neue Gebäude auf den Flächen errichtet. In Abbildung 4 ist ein Luftbild (Schrägaufnahme) der Stadt Wesel im Jahr 1945 dargestellt, das die starken Zerstörungen und Eingriffe in den Boden dokumentiert [US Army 1945].



*Abbildung 4: Die Stadt Wesel nach Ende des Zweiten Weltkrieges, aufgrund der intensiven Bombardierung sind fast alle städtischen Strukturen zerstört worden, in der Mitte des Fotos (Pfeile) wurden bereits im Rahmen von Aufräumarbeiten Bombentrichter verfüllt [US Army 1945]*

Im Ergebnis wurde der Untergrund in den bombardierten Bereichen stark anthropogen überprägt, d. h. durch die intensiven mechanischen Eingriffe in den Boden, verbunden mit einem großen Anfall von Schutt und Abfällen, wurden die Bodeneigenschaften stark verändert. Die ursprünglichen geogenen Strukturen wurden zerstört und mit



verschiedenen Materialien (z. B. Bauschutt, Schrott, Abfällen) vermengt. Die Eigenschaften dieser Auffüllungen erschweren die Anwendung geophysikalischer Messverfahren, da durch die Einbringung von Bauschutt etc. die physikalischen Eigenschaften des Bodens so verändert wurden, dass die geophysikalischen Kontraste eines Bombenblindgängers gegenüber seiner Umgebung bezogen auf die genannten Messgrößen stark verringert werden. In dicht bebauten Bereichen kommen außerdem Störungen durch die aktuelle Bebauung und Infrastruktur hinzu. Folglich wird die Reichweite geophysikalischer Messverfahren stark verringert. Zur Detektion von Bombenblindgängern in gestörten Böden müssen die geophysikalischen Messmethoden daher wesentlich aufwändiger durchgeführt werden. Beispielsweise müssen engere Messraster verwendet werden, um die räumliche Auflösung einer Messung und die Differenzierbarkeit von Störungen und potenziellen Blindgängern zu erhöhen.

Zur Lokalisierung von Bombenblindgängern im Untergrund eignen sich generell passive magnetische Verfahren, aktive elektromagnetische Verfahren und Georadar-Verfahren. Mit Hilfe von passiven magnetischen Verfahren werden in der Regel die von ferromagnetischen Objekten im Erdmagnetfeld hervorgerufenen Anomalien erfasst. Als passive Verfahren werden magnetische Verfahren bezeichnet, weil sie keine Energie emittieren, um messbare Anomalien zu induzieren, sondern weil sie allein das vorhandene Erdmagnetfeld mit seinen Anomalien erfassen. Zum Einsatz kommen unterschiedlichen Geräte, die auf unterschiedlichen physikalischen Wirkprinzipien beruhen. Meist werden für die Kampfmittelsuche Gradientenmessungen zwischen zwei räumlich getrennten, meist vertikal übereinander angeordneten Sensoren durchgeführt. Durch die Gradientenmessung werden Informationen gewonnen, die eine Berechnung von Größen und Tiefenlagen der Objekte ermöglichen [Vogelsang 1993].

Zur sicheren Detektion eines 250 kg oder 500 kg Bombenblindgängers sollte der Abstand zum Sensor bei einer Oberflächensondierung zur Messung der induzierten Magnetisierung nicht mehr als drei Meter betragen, bei gestörten Böden sollte der Abstand noch geringer sein [Winkelmann et al. 2007]. Bei der Blindgängersuche in städtischen Bereichen kommt das Verfahren im Rahmen der Untersuchung von Bohrlöchern zur Anwendung. Aufgrund der großen Ablagetiefen von Bombenblind-

gängern, z. B. von bis zu 8 m unter der Geländeoberkante in Oranienburg [KMBD BRB 1991-2007], müssen Bohrlöcher abgeteuft werden, in die ein Sensorsystem zur Messung herabgelassen werden kann. Zur sicheren Detektion eines 250 kg oder 500 kg Bombenblindgängers etwa sollte der Abstand zum Sensor bei einer Oberflächensondierung zur Messung der induzierten Magnetisierung nicht mehr als drei Meter betragen, bei gestörten Böden sollte der Abstand noch geringer sein [Winkelmann et al. 2007]. In jüngster Zeit gelangen neben den klassischen Fluxgate-Vertikalgradiometern auch Drei-Achs-Totalfeld-Magnetometer bei der Bohrlochsondierung zur Anwendung. Dabei werden unabhängig voneinander alle drei Dimensionen des Erdmagnetfeldes gemessen, wodurch mehr Informationen bezüglich der Lage einer Anomalie im Raum gewonnen werden können.

Die aktiven elektromagnetischen Verfahren beruhen auf der Erzeugung eines elektromagnetischen Primärfeldes mittels einer Sendespule. Das Primärfeld induziert bei seiner Abschaltung in leitfähigen Stoffen in seiner Reichweite Wirbelströme, die bei ihrem Zusammenbrechen ein messbares Sekundärfeld erzeugen. Dieses Sekundärfeld wird mit einer Empfangsspule gemessen. Das Abklingverhalten des Sekundärfeldes gibt Auskunft über die Art und Größe sowie die Entfernung von leitfähigen Objekten und Strukturen zum Detektionssystem. Für die Detektion von Bombenblindgängern sind aktive elektromagnetische Verfahren auf dem Markt verfügbar. Bei optimalen Rahmenbedingungen kann bis zu einer Tiefe von vier Metern gemessen werden [Winkelmann et al. 2007; BMVBS et al. 31.10.2007].

Das dritte geeignete Verfahren zur Identifikation von Bombenblindgängern im Untergrund ist das Georadar. Es handelt sich dabei um ein elektromagnetisches Impulsreflexionsverfahren, das auf der Ausstrahlung elektromagnetischer Impulse, deren Reflexion und Streuung an Schichtgrenzen und Objekten und der Messung der reflektierten Wellen beruht [Conyers et al. 1997]. Über die Laufzeiten und die Intensität der Reflexionen können Rückschlüsse auf die Verhältnisse im Untergrund gezogen werden. Ursachen für das unterschiedliche Verhalten der Radarwellen, die Reflexionen und Diffraktionen, sind die Unterschiede in der Dielektrizitätskonstante

und der spezifischen Leitfähigkeit an Schicht- bzw. Materialgrenzen [Knödel et al. 1997]. Aufgrund der Größe typischer Bombenblindgänger und der verwendeten Wellenlängen des Georadars sind Bombenblindgänger mittels Oberflächenradar nur bei geringen Ablagetiefen sicher detektierbar. Folglich müssen die Empfänger und Sender näher an die Objekte gebracht werden. Dazu werden Radarsysteme ebenfalls in Bohrlöchern verwendet. Im Rahmen von Crosshole-Bohrlochgeoradar-Messungen oder Reflexionsverfahren ist die Identifikation von Bombenblindgängern mit Einschränkungen möglich. Nachteil ist, dass mit dem Verfahren kein Nachweis erbracht wird, ob es sich um einen metallischen Gegenstand handelt. Daher können beispielsweise Findlinge gleiche Signaturen erzeugen. Grundsätzlich werden bei Georadar-Messungen, insbesondere in urbanen Gebieten, zahlreiche Objekte detektiert bei denen es sich nicht um Bombenblindgänger, sondern um Findlinge, Bauschutt, u. a. handelt, die sich aufgrund ihrer spezifischen Dielektrizitätskonstante ebenfalls vom umgebenden Boden unterscheiden [BMVBS et al. 31.10.2007].

## **6 Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern**

Blindgegangene Bomben stellen auch mehr als 60 Jahre nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges in zahlreichen Gebieten eine erhebliche Gefahr für die öffentlichen Sicherheit und Ordnung dar, da diese aufgrund äußerer Einflüsse oder auch ohne äußere Einflüsse detonieren können. Der Gefahrenbegriff setzt sich nach dem Polizei- und Ordnungsrecht aus den Elementen Schaden und Wahrscheinlichkeit des Schadens zusammen [Hansen-Dix 1982]. Der mögliche Schaden einer Bombendetonation ist ein Produkt des Bereiches der schädlichen Wirkung einer Bombendetonation und der in diesem Bereich vorhandenen, aufgrund der Schadenswirkung gefährdeten, Schutzgüter. Die Wahrscheinlichkeit der Detonation eines Bombenblindgängers ist von dem Zustand der an der Zündkette der Bombe beteiligten Bauteile und von äußeren Einflüssen abhängig. Die Zündkette einer Bombe setzt sich aus dem Zünder, der Übertragungsladung und der Hauptladung zusammen. Der Zünder, der komplizierteste Bestandteil der Zündkette, erzeugt eine Initialzündung, die die Übertragungsladung zündet. Die Übertragungsladung entwickelt bei ihrer Umsetzung ausreichend Energie, um die Hauptladung zur detonativen Umsetzung zu bringen. In Abbildung 5 ist die Zusammensetzung der Gefahr aufgrund blindgegangener Abwurfmunition schematisch dargestellt. Letztlich ist das mögliche Schadensszenario und seine Wahrscheinlichkeit ausschlaggebend zur Beurteilung der Gefahr.

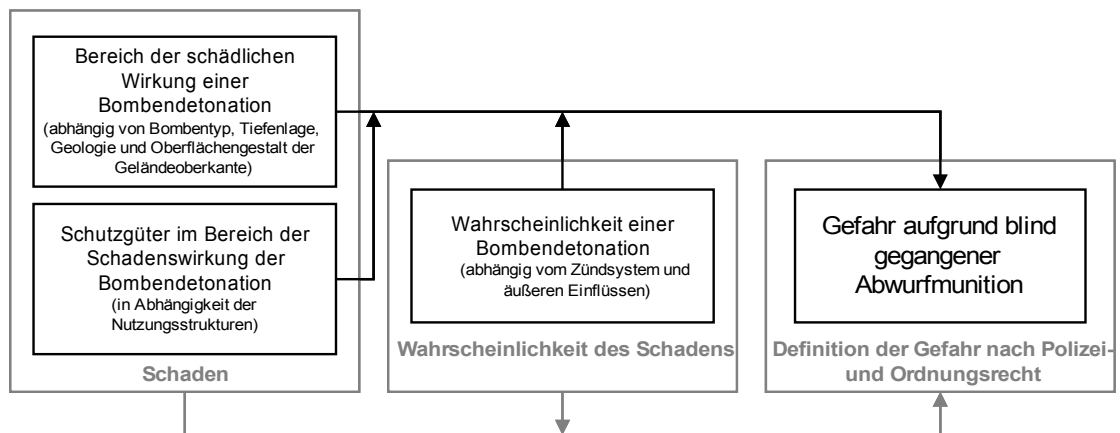


Abbildung 5: Gefahr nach Polizei- und Ordnungsrecht (grau) und die Anwendung auf die Gefahr aufgrund blind gegangener Abwurfmunition (schwarz)

Eine weitere Rolle spielen Gefahren durch die mögliche Freisetzung von Inhaltsstoffen und deren Zersetzungsprodukten aus Kampfmitteln, wodurch Schäden für die Schutzgüter Wasser und Boden und über die Wirkungspfade für den Menschen eintreten können [Saft 1999]. Weiterhin können Kampfmittel für kriminelle Handlungen eingesetzt werden und stellen daher eine potenzielle Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung dar. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die Sprengstoffe der Weltkriegsmunition ihre Explosivstoffeigenschaften auch bei stärkster Korrosion behalten. Sie sind leicht verfügbar und laborierbar [Trommsdorf 2008]. Weiterhin sind den Landeskriminalämtern aktuell viele Fälle bekannt, bei denen in Wohnungen umfangreiche Sammlungen von Weltkriegsmunition sichergestellt wurden, bzw. bei der Laborierung von Sprengstoffen oder Delaborierung von Kampfmitteln schwere Unfälle passiert sind [Kellner 2007].

Zur Untersuchung der Gefahren durch Bombenblindgänger werden nachfolgend die aktuelle Fundsituation, die schädigende Wirkung der Detonation eines Bombenblindgängers sowie die Rolle der Bezünderung von Bombenblindgängern betrachtet.

## 6.1 Aktuelle Fundsituation

Im Rahmen von Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen oder als Zufallsfunde werden regelmäßig Bombenblindgänger geborgen. In Tabelle 5 sind beispielhaft die Bombenfunde in ausgewählten Bundesländern für die Jahre 2004 bis 2007 dargestellt. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Zahlen nicht normiert sind, dass heißt kein Bezug zur beräumten Fläche hergestellt werden kann. Ein Vergleich der Zahlen wäre auch nach einer Normierung der beräumten Bomben pro beräumter Fläche sachlich falsch, da unterschiedliche Flächen mit unterschiedlichem Verdacht beräumt werden, die bzgl. des Fundaufkommens nur bedingt vergleichbar sind. Es wird jedoch deutlich, dass nach wie vor umfangreich Bombenblindgänger geborgen und beseitigt werden.

*Tabelle 5: Übersicht der beseitigten, davon entschärften und gesprengten, Bombenblindgänger ausgewählter Bundesländer*

Bundesland/ Jahr	2004	2005	2006	2007
Brandenburg	2.889 (26)	3.159 (137)	457 (15)	noch nicht veröffentlicht
Hamburg	6	24	2	19
Nordrhein- Westfalen	229* (157*) ((16*))	254* (157*) ((38*))	258* (183*) ((15*))	noch nicht veröffentlicht
Niedersachsen	112*	127*	115*	noch nicht veröffentlicht
beseitigt (entschärft) ((gesprengt))		*) Bomben (≥ 50 kg)		
[KMBD BRB 2007c; Feuerwehr Hamburg 2008; IM NRW 2007; MI Niedersachsen 2007]				

In Tabelle 6 sind exemplarisch die aktuellen Fälle des Monats Februar 2008 (Wintermonat, dadurch witterungsbedingt mit geringer Räumaktivität) zusammengefasst. Bei einer Explosion einer Bombe bei Straßenbauarbeiten in Tschechien wurde ein Arbeiter leicht verletzt [NN 2008b]. Der Großteil der beseitigten Bomben waren alliierte Bomben ( $\geq 50$  kg), die in der Nähe oder im Bereich von Zielen alliierter Luftangriffe im Zweiten Weltkrieg gefunden wurden.

*Tabelle 6: Übersicht der Vorfälle mit blindgegangener Abwurfmunition im Februar 2008*

<b>Datum</b>	<b>Ort</b>	<b>Gegenstand, Umstand</b>
<b>01.02.2008</b>	Potsdam (Land Brandenburg)	Sprengung einer 250 kg Bombe [NN 2008c]
<b>01.02.2008</b>	Münster (Nordrhein-Westfalen)	Entschärfung einer 250 kg Bombe in der Innenstadt [NN 2008d]
<b>10.02.2008</b>	Hannover (Niedersachsen)	Entschärfung einer 500 kg Bombe und einer schweren Brandbombe [NN 2008e]
<b>14.02.2008</b>	Linz (Österreich)	250 kg Bombe wird auf einem LKW entdeckt, der Bodenaushub anlieferte [NN 2008f]
<b>19.02.2008</b>	Znomjo (Tschechien)	Explosion einer 100 kg Bombe bei Bauarbeiten, Bagger berührte Bombe, eine leicht verletzte Person [NN 2008b]
<b>20.02.2008</b>	Kettenheim (Rheinland-Pfalz)	Fund einer nicht bezünderten 250 kg Bombe bei Bauarbeiten nahe des Bahnhofs [NN 2008a]
<b>20.02.2008</b>	Frankfurt/Main (Hessen)	Fund und Entschärfung einer Bombe aus dem Zweiten Weltkrieg in der Nähe des Flughafen [NN 2008g]
<b>26.02.2008</b>	Rosenheim (Freistaat Bayern)	250 kg Bombe bei Bauarbeiten auf Gleisanlagen im Stadtzentrum [NN 2008h]
<b>27.02.2008</b>	Seddin (Land Brandenburg)	Sprengung einer 500 kg Bombe nahe dem Seddiner Rangierbahnhof [NN 2008i]
<b>27.02.2008</b>	Löwenberger Land (Land Brandenburg)	Entschärfung einer 50 kg Bombe [NN 2008j]

Der letzte bekannte Fund eines Bombenblindgängers mit chemischem Langzeitzünder (LZZ) war in Hamburg. Dort musste am 14. Januar 2008 eine amerikanische Bombe mit LZZ gesprengt werden [Borelli 2008].

Die aktuelle Fundsituation von Bombenblindgängern sowie das Fundaufkommen in den letzten Jahren zeigt, dass auch in Zukunft mit Bombenblindgängern gerechnet werden muss. Beispielsweise erwartet man Schätzungen zufolge in Hamburg noch circa 3.000 Stück oder in Berlin mindestens 1.000 Stück nicht lokalisierte Sprengbomben ( $\geq 50$  kg) [Voß 2007; NN 2005].

## **6.2 Mögliche Schäden aufgrund der Detonation eines Bombenblindgängers**

Zur Abschätzung der Schäden, die bei der Detonation einer Bombe entstehen können, ist es notwendig, die möglichen Wirkungen einer Bombendetonation auf die Schutzgüter zu betrachten. Die Grundlage dafür ist die Untersuchung der Einflussfaktoren auf die räumliche Wirkung einer Bombendetonation und deren Anwendung auf die möglichen betroffenen Schutzgüter.

Das Beziffern der Reichweite der schädlichen Wirkung einer Bombendetonation ist schwierig, da sie von einer Vielzahl von Faktoren abhängt. In der Praxis gibt es jedoch eine Reihe von Vorschriften, die Schutzabstände und Gefahrenbereiche für den Umgang und die Vernichtung von Munition vorschreiben. Diese werden nach der Untersuchung der Einflussfaktoren der räumlichen Wirkung einer Bombendetonation und der möglichen schädlichen Wirkung auf Schutzgüter im nächsten Abschnitt aufgezeigt.

### **6.2.1 Räumliche Wirkung einer Bombendetonation**

Die zerstörerische Wirkung einer Bombendetonation setzt sich zusammen aus der sich schlagartig entfaltenden Wirkung der Druckwelle und der Splitterwirkung.

Die Wirkung der Druckwelle einer Bombe, d. h. die örtliche Wirkung, ist abhängig von [Peyer 1937; Meinhardt 1962]:

- der Größe und Bauart der Bombe
- der Sprengstofffüllung
- der Brisanz des Sprengstoffs
- der Tiefenlage/Eindringtiefe
- den atmosphärischen Verhältnissen
- der Beschaffenheit der Geländeoberfläche etc.

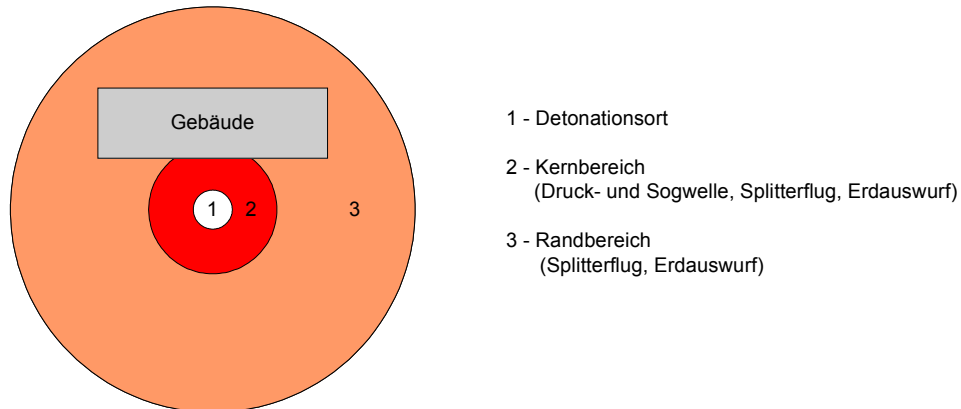


Die Splitterwirkung einer Bombe, wird auch als Fernwirkung bezeichnet. Sie ist abhängig von folgenden Faktoren [Peyer 1937; Meinhardt 1962]:

- der Tiefenlage/Eindringtiefe
- der Trichterform
- der Konstruktion des Bombenkörpers
- dem Verhältnis der Sprengladung zum Bombenmantel
- der Größe und Anfangsgeschwindigkeit der Splitter

Zusätzlich ist die Wirkung einer Bombendetonation abhängig von der lokalen Umgebung, d. h. inwieweit Bebauung oder andere Hindernisse die Splitterwirkung bzw. die Druckwirkung absorbieren bzw. verringern oder verstärken.

In Abbildung 6 ist die Wirkung einer Bombendetonation als Prinzipskizze dargestellt. Im Kernbereich um den Detonationsort wirken die Druckwelle sowie die beschleunigten Splitter der Bombenhülle und der Erdauswurf. Im Randbereich des Wirkungsbereiches der Detonation ist die Druckwelle abgeschwächt. Allerdings können dort Splitter und weitere vom Detonationsort beschleunigte Materialien zu Verletzungen und Schäden führen. In Abbildung 6 ist beispielhaft ein Gebäude in der Nähe des Explosionsortes eingezeichnet. Das Gebäude (massiv) kann die Druckwelle absorbieren bzw. reflektieren. Umherfliegende Splitter und Materialien werden aufgefangen, so dass hinter dem Gebäude ein Schatten entsteht. Nur herabfallendes Material, was nach oben beschleunigt wurde, kann in diesem Bereich zerstörerisch wirken.



*Abbildung 6: Prinzipskizze der räumlichen Wirkung einer Bombendetonation*

Die Wirkung der Detonation einer Bombe hinsichtlich der Wirkung der Druckwelle und des Splitterfluges auf das Umfeld ist folglich abhängig von [Peyer 1937; Meinhardt 1962]:

- a) dem Bombentyp (Typ, Masse und Nettoexplosivstoffmasse)
- b) der Tiefenlage der Bombe
- c) dem Wassergehalt der Erdaddeckung
- d) der lokalen Umgebung (Bebauung)

#### **a) Bombentyp**

Bei den aufgefundenen Blindgängern von Bomben in Deutschland handelt es sich zum großen Teil um Spreng- bzw. Minenbomben mit einer Masse von 250 kg oder 500 kg. Der Sprengstoffanteil der Bomben beträgt circa 50 % bis 60 %. Die Bombenhüllen bestehen aus gezogenem Stahl. Die Verwendung dieser Bombentypen zielte in erster Linie auf die Zerstörung der lokalen Bebauung durch die Druckwelle [Merz 1960]. Die Splitterwirkung dieser Bomben ist eine Sekundärwirkung, die jedoch aufgrund der Wirkweite (Reichweite) der Splitter ebenfalls Gefahren birgt.

Zum weitaus geringeren Teil wurden Splitterbomben eingesetzt, bei denen die Splitterwirkung wesentlich größer ist. Aufgrund des geringeren Sprengstoffanteils entsteht jedoch eine geringere Druckwirkung.

## **b) Tiefenlage der Bombe**

Inwieweit sich bei einer Detonation die Druckwelle und die Splitter räumlich ausbreiten können, ist abhängig von der Tiefenlage einer Bombe. Aus der Druckwirkung der Bombe und dem mechanischen Widerstand der Abdeckung resultieren die Form und die Größe des Auswurftrichters, der wiederum entscheidend für die Wirkweite und die Wirkrichtung der Druckwelle und der Splitter ist. Die Detonation einer tiefliegenden Bombe kann beispielsweise zu einer Kavernenbildung im Untergrund führen, ohne dass an der Oberfläche eine Druck- und Splitterwirkung feststellbar ist. Flach liegende Bomben erzeugen bei ihrer Detonation einen flachen Auswurftrichter, der zu einer großräumigen Druck- und Splitterwirkung führt. In diesem Kontext ist ebenfalls der Erdauswurf zu nennen, der durch die Druckwelle entsteht. Dabei werden die Bombe abdeckende Erdmaterialien, Baustoffe oder Gegenstände stark beschleunigt, die ebenfalls Schäden in Form von Wurfstücken hervorrufen können [Reinhardt 2007]. Die Auswirkungen der Tiefenlage einer Bombe bei ihrer Detonation auf die Druck- und Splitterwirkung ist in Abbildung 7 illustriert. Im ersten Fall liegt die detonierende Bombe unter der Geländeoberkante und erzeugt einen Auswurftrichter, dessen Öffnungswinkel die räumliche Wirkung der Druckwelle und Splittergarbe bestimmt. Im zweiten Fall auf der rechten Seite der Abbildung ist die Detonation einer auf der Oberfläche liegenden Bombe dargestellt. Die Druckwelle und Splittergarbe kann sich dort ungehindert ausbreiten [Meinhardt 1962]. Die Art des die Bombe überlagernden Sediments und die Mächtigkeit der Überdeckung begründet ebenfalls den mechanischen Widerstand, den die Abdeckung der Druckwelle einer Detonation entgegenbringt.

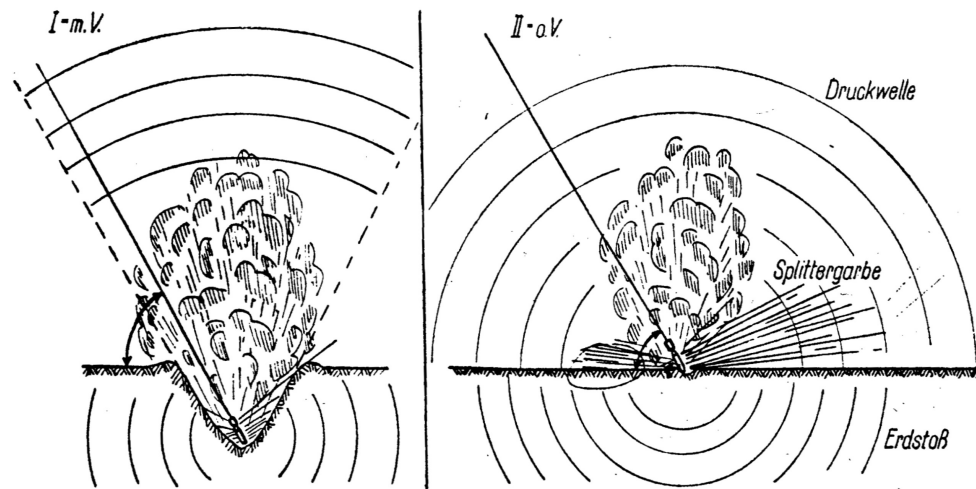


Abbildung 7: Darstellung der Druck- und Splitterwirkung einer Sprengbombe bei der Detonation in unterschiedlichen Tiefen nach MEINHARDT 1962

### c) Wassergehalt der Erdaddeckung

Der Wassergehalt der Erdaddeckung (gesättigt, ungesättigt) beeinflusst ebenfalls den mechanischen Widerstand eines Bodens. Grundsätzlich gilt, dass der mechanische Widerstand eines Bodens mit seinem Wassergehalt steigt. Entsprechend spielt der Wassergehalt eines Bodens eine maßgebliche Rolle bei der Ausprägung des Auswurftrichters und damit der Wirkung einer Bombendetonation. Dabei gilt, dass die Wirkweite der oberflächlich austretenden Druckwelle und die Splitterwirkung im direkten Umfeld umso geringer sind, je höher der Wassergehalt des umgebenden Sediments und damit seine Kohäsion ist. Andererseits kann die Detonation eines Bombenblindgängers im gesättigten Bodenbereich (in grundwasserführenden Schichten) Schäden in großer Entfernung verursachen, die zunächst in keinem Zusammenhang mit der Detonation zu stehen scheinen. Dies resultiert daraus, dass sich die Druckwelle in einem Grundwasserleiter über große Distanzen ohne große Energieverluste ausbreiten kann, da Wasser ein inkompressibles Medium ist.

#### **d) Lokale Umgebung**

Eine weitere entscheidende Rolle für die Fernwirkung einer Bombendetonation spielt die Bebauung in der unmittelbaren Umgebung. In Abhängigkeit der Höhe von Gebäuden und ihrer Nähe zum Detonationsort bzw. zum Auswurftrichter absorbiert bzw. verringert ein Gebäude die Druck- und Splitterwirkung einer Bombendetonation in unterschiedlichem Ausmaß. Die Druckwelle kann unter Umständen aber auch von einem Gebäude reflektiert werden, was lokal zur Verstärkung ihrer Wirkung führen kann. Dabei sind die Materialeigenschaften der baulichen Strukturen dafür ausschlaggebend, inwieweit diese den mechanischen Wirkungen einer Detonation widerstehen können.

In Abbildung 8 ist exemplarisch der Krater einer Bombenblindgängerdetonation unter einer Tankstelle in Salzburg im Jahr 1965 dargestellt; die Zerstörungen im Bereich des Auswurftrichters sind deutlich sichtbar. Hinzu kommen die Auswirkungen der Druckwelle sowie des Splitterfluges auf die Umgebung, die Menschen und Sachgüter schädigten. Es handelte sich um eine Selbstdetonation einer amerikanischen 250-kg-Bombe mit chemischem Langzeitzünder. Neben den sichtbaren Zerstörungen waren ein Toter und sieben Verletzte zu beklagen [Handel-Mazzetti 2008].



*Abbildung 8: Ort der Detonation einer 250 kg Bombe in Salzburg am 18. Mai 1965, als Zünder wurde ein amerikanischer chemischer Langzeitzünder identifiziert, Bilanz: ein Toter und sieben Verletzte [Handel-Mazzetti 2008]*

Ein weiteres aktuelles Beispiel der Auswirkung der Detonation einer Bombe hat sich am 23. Oktober 2006 auf der Bundesautobahn A3 zugetragen. Im Rahmen von Straßenbauarbeiten ist es zur Detonation einer englischen 250 kg Bombe gekommen. Hervorgerufen wurde die Detonation durch den Einsatz einer Fahrbahnfräsmaschine, die im Bereich der Bombe im Einsatz war. Durch die Detonation kam der Führer der Fräsmaschine ums Leben, Fahrzeuge, die sich in unmittelbarer Umgebung befanden, wurden beschädigt [NN 2007a; NN 2006].

Weiterhin zeigte die Sprengung einer 250 kg Sprengbombe mit LZZ auf der Insel Schweinesand in Hamburg am 14.01.2008, dass die Fernwirkung der Druckwelle einer Bombendetonation nicht zu unterschätzen ist. In einem Abstand von über 800 m vom Detonationsort gingen Fensterscheiben zu Bruch. Die Bombe wurde auf der Insel Schweinesand in der Elbe durch Sprengung an der Geländeoberkante vernichtet, da der Zustand des Zünders eine Entschärfung nicht erlaubte [Borelli 2008].

## **6.2.2 Schutzgüter**

Zur Abschätzung des möglichen Schadens, den eine Bombendetonation in einem bestimmten Wirkungskreis erzeugen kann, müssen die Schutzgüter in dem Bereich identifiziert und die Auswirkung auf diese untersucht werden. Als Schutzgut stehen Leben und Gesundheit des Menschen im Vordergrund. Jedoch müssen bei der Schadensbetrachtung auch infrastrukturelle Einrichtungen zur Versorgung der Bevölkerung und hochwertige Sachgüter als Schutzgüter berücksichtigt werden.

### **a) Schutzgut Mensch**

Grundlage für die Abschätzung der durch eine Bombendetonation möglicherweise zu Schaden kommenden Personen ist die Feststellung der durchschnittlichen und/oder maximalen Anzahl von Personen (Personendichte), die sich im Wirkungsbereich aufhalten. Städtische Strukturen (Flächennutzungsstrukturen oder Objekte) können zur Abschätzung bzw. Differenzierung der durchschnittlichen Personendichte für begrenzte Areale herangezogen werden. Beispielsweise sind im innerstädtischen Bereich, in öffentlichen Einrichtungen oder Bahnhöfen höhere durchschnittliche Personendichten pro Tag festzustellen als in Bereichen, in denen Einfamilienhäuser oder Gewerbebetriebe die Hauptnutzungsform darstellen. Je höher die Personendichte pro Tag oder zu einem konkreten Zeitpunkt eines beliebigen Tages in einem Wirkbereich ist, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass mehr Menschen von der Wirkung einer eventuellen Bombendetonation betroffen sind und größere Schäden entstehen.

Die Wirkung einer Bombendetonation auf den Menschen ist stark von der Nähe des Menschen zum Detonationsort abhängig. Die Verletzungen aufgrund von Bombendetonationen entstehen einerseits durch die Wirkung der Druckwelle auf die luftgefüllten Organe, andererseits aufgrund mechanischer Einwirkungen auf Personen durch beschleunigte Splitter oder sonstige Materialien sowie aufgrund von Gebäudeeinstürzen oder Verbrennungen [Schwab et al. 2007; Hauschild et al. 2006]. Prinzipiell ist mit zunehmender Entfernung vom Detonationsort eine geringere Einwirkung einer Bombendetonation auf Personen verbunden.

## **b) Einrichtungen/ hochwertige Sachgüter**

Im Rahmen der Gefahrenabwehr sind auch infrastrukturelle Einrichtungen als Schutzgüter zu berücksichtigen. Dazu zählen Versorgungseinrichtungen (z. B. Wasserwerk, Krankenhaus), wichtige öffentliche Einrichtungen (z. B. Schule, Kindertagesstätte, Feuerwache, Polizei) oder Hauptverkehrswege (z. B. Hauptstraßen, Bahnlinien). Durch die Detonation eines Bombenblindgängers können bauliche Anlagen zerstört oder beschädigt werden, so dass diese vollständig außer Funktion gesetzt oder für längere Zeit unbenutzbar werden. Die Schäden an einer baulichen Anlage sind von ihrer Nähe zum Detonationsort abhängig. Im Bereich des Auswurftrichters, der Zertrümmerungszone, sind schwere Zerstörungen der baulichen Substanz zu erwarten. Im Nahbereich einer Detonation können Gebäude aufgrund der Druckwelle zum Einsturz gebracht werden. Schäden aufgrund umherfliegender Splitter oder Materialien können im Nah- wie im Fernbereich entstehen [Meinhardt 1962]. Mit der Funktion von öffentlichen Gebäuden können auch vorhandene Personendichten korreliert bzw. abgeschätzt werden.

## **6.2.3 Sicherheitsbereiche für die Sprengung von Bomben**

Im militärischen Bereich sowie in der zivilen Sprengtechnik und der Kampfmittelbeseitigung gibt es eine Reihe von Vorschriften, die Gefahrenbereiche bzw. Schutzabstände für den Umgang und die Vernichtung von Kampfmitteln sowie die vom Grundsatz her vergleichbaren Stahlsprengungen festlegen. Diese Bereiche können für die Abschätzung des Gefahrenbereiches bei der möglichen Detonation von Bombenblindgängern herangezogen werden und definieren die Bereiche, in denen bei Sprengungen Schäden an Leben und Gesundheit von Menschen sowie Sachgütern zu erwarten sind. Außerhalb der Gefahrenbereiche bzw. der Schutzabstände ist dagegen in der Regel nicht mit Schäden an Leben und Gesundheit von Menschen oder Sachgütern zu rechnen. In Tabelle 7 ist eine Übersicht der Vorschriften und der darin definierten Schutzabstände bzw. Gefahrenbereiche zusammengestellt. Die Berufsgenossenschaftliche Unfallverhütungsvorschrift BGV C24 fordert für Stahlsprengungen einen Sicherheitsabstand von 1.000 m. Es ist zu berücksichtigen, dass technische Sprengungen im Gegensatz zu Detonationen von Sprengbomben in



der Regel als Schneidladungen, z. B. bei Abbruchsprengungen, zum Einsatz kommen. In diesem Fall ist der Sprengstoff nicht von einer Stahlhülle umgeben. Daher ist davon auszugehen, dass die Splitterflugweite wesentlich geringer ist. Diesem Umstand trägt die Heeresdienstvorschrift HDv 183/100 Rechnung. Hier wird für die Sprengung von Sprengkörpern oder Minen mit Metallumhüllung mit einer Gesamtmasse von bis zu 30 kg ein Gefahrenbereich von 1.250 m ausgewiesen. Die Richtlinie der Vereinten Nationen IMAS 10.20 (International Mine Action Standard) fordert zur Sprengung einer Granate mit dem Kaliber 160 mm (als Sprenggranate Sprengstoffgehalt circa 7 kg) einen Sicherheitsabstand von 1.000 m. Diese ausgewiesenen Gefahrenbereiche beziehen sich auf Sprengungen auf der Oberfläche, d. h. ohne Sprenggruben oder Schutzwälle, die die Splitterflugweiten verringern können.

Notwendige Sprengungen von Bombenblindgängern finden aus Sicherheits- und ökonomischen Gründen in der Regel in den Gruben statt, wo sie aufgefunden wurden. Die Sicherheitsabstände können unter Umständen reduziert werden. Dies ist abhängig von der Lagetiefe und dem Einsatz von zusätzlichen technischen Einrichtungen zur Dämpfung der Druckwelle und zur Reduzierung der Splittergarbe. Außerdem können Gebäude in der näheren Umgebung die möglichen Wirkungen der Detonation absorbieren.

Zur Ausbreitung und Reduktion der räumlichen Splitterwirkung von Geschossen und Bomben fanden bereits zahlreiche Untersuchungen statt. Beispielsweise wurden Sand, Torf, Wasser, Strohballen, Lamine oder Schaum bei Sprengversuchen zum Spliterrückhaltevermögen der Materialien eingesetzt [Schubert 2007; Muckel 2005].

Tabelle 7: Übersicht der Schutzabstände und Gefahrenbereiche bei Stahlsprengungen, bei dem Umgang mit Munition und bei der Vernichtung von Munition

Vorschrift/ Quelle	Beschreibung	Schutzabstand oder Gefahrenbereich
<b>BGV C24</b>	Berufsgenossenschaftliche Unfallverhütungsvorschrift BGV C24 mit Durchführungsanweisungen, hier: nach §§ 34 und 65 <b>Spreng- bzw. Absperrbereich</b> bei Eisen- und Stahlsprengungen	<b>1.000 m</b>
<b>Bundeswehr HDv 183/100</b>	Durchführungsvorschriften für das Vernichten von Munition, hier <b>Gefahrenbereiche</b> bei der Vernichtung von Munition durch Sprengen an der Oberfläche, Sprengkörper und Minen mit Metallumhüllung bis <u>30 kg</u>	<b>1.250 m</b>
<b>Bundeswehr ZDv34/230</b>	<p><b>Schutzabstand</b> für den Umgang mit Munition oder Gefahrenherden mit Munition der Gefahrenklasse 1.1 zu Objekten der Gruppe IV außerhalb militärischer Liegenschaften nach Punkt 474 Schutzabstandstabelle 1.1 (Objekte der Gruppe IV sind lt. Punkt 215:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Objekte in denen sich Personen dauernd oder vorübergehend aufhalten</li> <li>● Objekte, die der Versorgung oder Sicherheit der Öffentlichkeit dienen</li> <li>● Öffentliche Verkehrswege mit großer Verkehrsdichte)</li> </ul> <p><b>Bemerkung: betrifft den Umgang, nicht die Sprengung mit/von ausschließlich handhabungssicherer Munition</b></p>	<b>400 m</b>
<b>United Nations Mine Action Service (UNMAS) International Mine Action Standard IMAS 10.20</b>	Richtlinie IMAS 10.20 „Safety and occupational health – demining worksite safety“ der International Mine Action Standards der Vereinten Nationen Minimaler <b>Schutzabstand</b> zur Sprengung von Granaten des Kalibers größer 160 mm	<b>1.000 m</b>
	Minimaler <b>Schutzabstand</b> zur Sprengung vergrabener Munition mit einem Sprengstoffgewicht von <b>10 Kilogramm</b> (pro zusätzlichen 10 kg Sprengstoffgewicht ist der Schutzabstand um 100 m zu erweitern) nach Tabelle C.3.2.	<b>500 m</b>
<b>Historische Quelle: Wehrmacht L.Dv. 764 H.Dv. 412 M.Dv. 872</b>	Dienstvorschriften der Wehrmacht, hier: Sprengung von Sprengbomben größer 40 kg in Sprenggruben	<b>1.000 m</b>
	Hier: Sprengung von Sprengbomben größer 40 kg ohne Sprenggruben	<b>2.000 m</b>

## 6.3 Unterschiedliche Gefahren aufgrund der Bezündung von Bombenblindgängern

Bei Bombenblindgängern ist die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Detonation aufgrund unterschiedlicher Bezündung verschieden. Diese beruht auf unterschiedlichen Zünderkonstruktionen und -funktionsweisen, die im Zweiten Weltkrieg Verwendung fanden. Im Rahmen dieser Dissertation werden insbesondere mechanische Aufschlagzünder und chemische Langzeitzünder (LZZ) der Westalliierten berücksichtigt und unterschieden, die bei Bomben im Zweiten Weltkrieg am häufigsten Anwendung fanden. In Oranienburg, das im Folgenden als Beispiel zur Anwendung der im Rahmen der Dissertation entwickelten Methodik dient, wurden zum großen Teil Bombenblindgänger mit LZZ eingesetzt.

Mechanische Aufschlagzünder beruhen auf der Beschleunigung eines Trägheitschlagbolzens, der beim Auftreffen der Bombe ein Zündhütchen mit einem schlagempfindlichen Primär- bzw. Initialsprengstoff entzündet. Typische Vertreter sind beispielsweise die amerikanischen Zünder M-102 und M-103. Blindgänger entstanden in der Regel aufgrund des mechanischen Versagens des Zünders z. B. aufgrund schlechter Materialqualität. Dabei wurden beispielsweise Zündhütchen angestoßen, aber es erfolgte keine Umsetzung des Sprengstoffs. Bombenblindgänger mit mechanischen Aufschlagzündern können unter Umständen durch mechanische Einwirkung (z. B. durch Schlag, Stoß oder Vibration) zur Umsetzung gebracht werden [Rauschert 1949].

Mit chemischen Langzeitzündern (LZZ) bezünderte Bombenblindgänger stellen gegenüber den mechanisch Bezünderten eine größere Gefahr dar, da diese ohne äußere Einflüsse zur Selbstdetonation neigen. Seit Kriegsende sind Selbstdetonationen aufgrund des schlechten Zustands des Sicherungssystems ohne äußere Einwirkungen in Gebieten mit Verdacht auf LZZ bekannt [Freie und Hansestadt Hamburg 1994]. Allein in Hamburg geht man von 50 Selbstdetonationen seit Kriegsende aus [NN 2007c]. Als Grundlage zur Schlussfolgerung der Gefahren aufgrund von LZZ werden nachfolgend die Funktionsweise der LZZ dargestellt sowie Ursachen für das Blindgehen der Bomben untersucht.

### **6.3.1 Funktionsweise der chemischen Langzeitzünder**

Die Funktionsweise der chemischen LZZ (vgl. Abbildung 9) beruht auf der chemischen Zersetzung eines Zelluloidrings (in der Abbildung gelb dargestellt) im Zünder, mit dem der federgespannte Schlagbolzen (in der Abbildung dunkelblau dargestellt) arretiert ist. Der Zelluloidring konnte zur Verzögerungs- bzw. Laufzeitverlängerung (bis zu 144 Stunden) des Zünders mit zusätzlichen Zelluloidscheiben verstärkt werden. Die chemische Zersetzung der Schlagbolzenarretierung wurde beim Abwurf der Bombe durch die Zerstörung einer acetongefüllten Glasampulle initiiert. Ein Saugkörper über der Schlagbolzenarretierung sollte das Aceton aufsaugen und es mit den Zelluloidscheiben bzw. dem -ring in Kontakt bringen. War der chemische Zersetzungsprozess des Zelluloids soweit fortgeschritten, dass der Zelluloidring, als Schlagbolzenarretierung, der Federspannkraft nicht mehr widerstehen konnte, wurde der Schlagbolzen freigegeben und schnellte auf das Zündhütchen. Das Zündhütchen entzündete sich und übertrug die freigesetzte Energie auf die Übertragungsladung, die die Zündung der Hauptladung der Bombe initiierte [Merz 1960; Rauschert 1949].

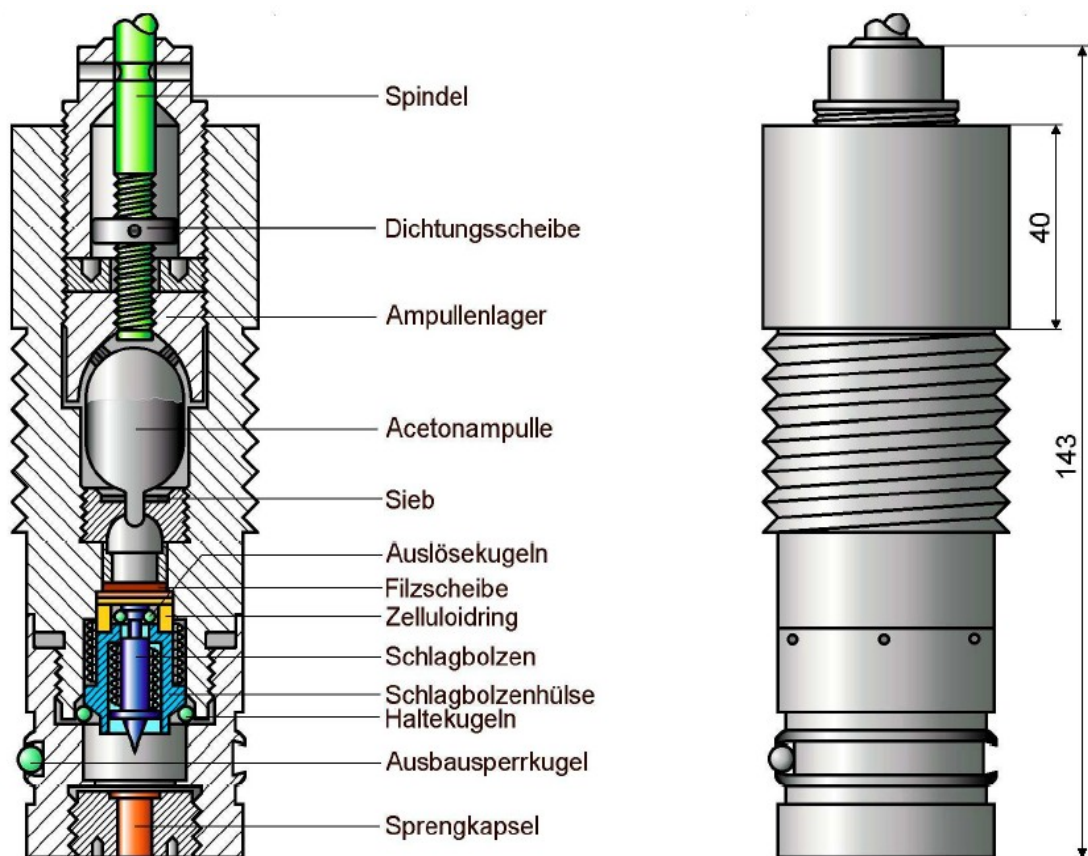


Abbildung 9: Aufbau der amerikanischen chemischen LZZ, die Maße beziehen sich auf den Zünder M123 [Dresdner Sprengschule GmbH 2003]

### **6.3.2 Ursachen für das Blindgehen von Bomben mit Langzeitzündern**

Das Blindgehen von mit LZZ ausgestatteten Bomben kann verschiedene Ursachen haben, die sich in zwei Gruppen unterteilen lassen.

- a) Feststellbare Fehlfunktionen im Zünder haben zur Unterbrechung des Zündvorgangs und dadurch zum Blindgehen geführt, oder
- b) der Zündvorgang wurde durch äußere Einflüsse verlangsamt. Die Verzögerung des Zündvorgangs ist auf die Lage der Bombe nach dem Eindringen in den Boden zurückzuführen.

Auf Grundlage der Untersuchung von aus Bombenblindgängern ausgebauten und delaborierten chemischen Langzeitzündern durch die Kampfmittelräumdienste sind verschiedene Ursachen für das Blindgehen dieser bekannt, die nachfolgend dargestellt werden.

#### **a) Unterbrechung des Zündvorganges aufgrund technischer Defekte**

Technische Defekte im Zünder, die den Zündvorgang unterbrechen, beruhen in der Regel auf Qualitätsproblemen, d. h. der Zündmechanismus wurde unterbrochen, weil einzelne Bauteile nicht plangemäß funktionierten. Beispielsweise wurde eine Bombe mit intakter Glasampulle gefunden, bei der der Zersetzungsprozess nicht initiiert wurde. Die Ursache war das Stehenbleiben der windradgetriebenen Spindel, die beim Fall der Bombe zur Zerstörung der Glasampulle dienen sollte. Weiterhin ist bei der Delaborierung von LZZ des Öfteren festgestellt worden, dass der Zündvorgang bis zur Entzündung des Zündhütchens aufgrund des Vorschnellens des Schlagbolzens funktioniert hat, jedoch keine Initiierung der Übertragungsladung erfolgte. Teilweise wurde das Zündhütchen angestochen, es hat sich jedoch nicht entzündet [KMBD BRB 2007d].

## **b) Zündvorgang nicht unterbrochen**

Bei einem Großteil von geborgenen LZZ wurde festgestellt, dass die Zünder noch voll funktionsfähig waren. Dadurch, dass die konisch geformte Spitze des Bombenkörpers nach dem Bombenabwurf geneigt auf die Bodenfläche traf, drifteten die Bomben nach dem Eindringen in den Boden in Richtung Oberfläche (vgl. Abbildung 34 auf Seite 159). Aufgrund der aufrechten Lage der Bomben wurde der Zündmechanismus vermutlich dadurch verlangsamt, dass das Aceton keinen direkten Kontakt zur Schlagbolzenarretierung aus Zelluloid hatte. Die Zersetzung des Zelluloids erfolgte nur noch durch die Dämpfe des Acetons<sup>4</sup> und nicht, wie bei der Konstruktion vorgesehen, über den Kontakt einer flüssigen Phase mit dem Zelluloidring. Der Innenraum der Zünder ist luftdicht abgeschlossen. Wenn Aceton direkt auf den Zelluloidring wirkt, löst es das Material bestimmungsgemäß auf. Wirkt das Aceton durch die Lage der Bomben ausschließlich über die Gasphase, findet der Auflösungsprozess stark verlangsamt und nur teilweise statt. Neben dem Auflösungsprozess kommt der Alterungsprozess des Zelluloidmaterials hinzu, der durch Umwelteinflüsse wie etwa Temperaturschwankungen beschleunigt wird.

Die Delaborierung von LZZ zeigte, dass die Zelluloidringe bzw. -scheiben in der Regel bereits fast aufgelöst bzw. stark angelöst waren. Das Vorhandensein des Acetons in den luftdicht abgeschlossenen Zündern wurde durch Acetongeruch bei der Öffnung der Zünder nachgewiesen [KMBD BRB 2007d].

Zur Ursachenforschung nach Versagensgründen der Zünder wurden zusätzlich Probeanstiche von Zündhütchen und Hammerschlagtests nicht detonierter Zünder vorgenommen. Es zeigte sich, dass die Zündhütchen teilweise nicht ansprachen, oder der Zünder, auch durch die vom Hammerschlagtest hervorgerufene Erschütterung, nicht zur Umsetzung gebracht werden konnte [KMBD BRB 2007d]. Das heißt, dass einige Zünder nicht zur Detonation der Bombe hätten führen können, auch wenn die chemisch-mechanische Auslöseeinheit bestimmungsgemäß funktioniert hätte.

---

4) Dampfdruck 233 hPa bei 20 °C und Siedepunkt bei 56 °C

Letztlich muss jedoch ein großer Teil der LZZ aufgrund der Untersuchungsergebnisse als zündfähig eingestuft werden. Durch das im Zünder enthaltene Aceton und die daher fortschreitende Zersetzung der Schlagbolzenarretierung muss jederzeit damit gerechnet werden, dass die Federspannkraft der Schlagbolzen den Widerstand der Schlagbolzenarretierung überwindet und ohne äußere Einwirkung zur Zündung der Bombe, also zur Selbstdetonation, führen kann. Aufgrund des schlechten Zustands der Schlagbolzenarretierungen der untersuchten Zünder sind diese als äußerst schlag- bzw. erschütterungsempfindlich einzustufen.

### **6.3.3 Gefahren durch Bombenblindgänger mit chemischen Langzeitzündern**

In der Fachliteratur werden Bombenblindgänger mit LZZ als sehr gefährlich beschrieben. Es gilt als einwandfrei nachgewiesen, dass Bombenblindgänger mit LZZ ohne äußeren Einfluss detonieren können und auch in Zukunft als funktionsfähig angesehen werden müssen. Durch den Alterungsprozess ist davon auszugehen, dass die Zündsysteme mit der Zeit empfindlicher werden [Kinder 1985; KMBD BRB 2002].

Infolge der Erfahrungen der Kampfmittelbeseitigung und der Erkenntnisse der Delaborierung von blindgegangenen LZZ ist festzustellen, dass Blindgänger mit LZZ im Gegensatz zu Blindgängern mit mechanischen Zündern auch ohne äußere Einflüsse detonieren können. Aufgrund des nicht bekannten Zustandes der LZZ in den einzelnen Blindgängern muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass diese zur Selbstdetonation fähig sind und von ihnen eine akute Gefahr ausgeht.

Für den Zeitraum seit 1990 wurden für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mindestens acht Selbstdetonationen von Bombenblindgängern dokumentiert, die letzte im Jahr 2005 in Offenbach in Hessen [NN 2007d], zwei in Oranienburg [STMBD BRB 1993; Freie und Hansestadt Hamburg 1994]. Die Selbstdetonationen werden auf Bombenblindgänger mit LZZ zurückgeführt.



## **6.4 Zusammenfassung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern**

Die Gefahren aufgrund blindgegangener Bomben resultieren aus dem möglichen Schaden einer Detonation eines Blindgängers und der Wahrscheinlichkeit des Schadeneintritts.

Der mögliche Schaden einer Bombendetonation ist davon abhängig, inwiefern die schädliche Wirkung (Druckwelle sowie Splitterwirkung) ein Schutzgut (Leben und Gesundheit sowie Sachgüter) tangiert. Zur Beurteilung der möglichen Schäden müssen im Einzelfall die Faktoren der Wirkung einer Bombendetonation sowie die lokal mögliche Schutzgutexposition untersucht werden.

Die Wahrscheinlichkeit des Schadeneintritts ist von der Bezünderung der Blindgänger abhängig. Alle typischen Zündsysteme der Blindgänger aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges sind empfindlich gegenüber mechanischen Einflüssen (Vibration, Stoß, Schlag und Verlagerung). Bei Blindgängern mit LZZ kommt, wie zuvor dargestellt, die Gefahr von Selbstdetonationen ohne äußere Einflüsse sowie die Gefahr der Detonation durch geringste äußere Einflüsse (Bewegung, Vibration) hinzu. Angesichts der Sensibilität der LZZ ist die Entschärfung der damit versehenen Bombenblindgänger äußerst gefährlich.

Aufgrund der Tatsache, dass Bombenblindgänger mit LZZ zur Selbstdetonation neigen, muss der systematischen Beseitigung von diesen Blindgängern Vorrang eingeräumt werden.

## **7 Entwicklung einer Methodik zur systematischen Bewertung von Gefahren durch Bombenblindgänger aus dem Zweiten Weltkrieg**

Im Allgemeinen setzt die Abwehr von Gefahren die möglichst präzise Beschreibung und Einschätzung der konkreten Gefahr im Einzelfall voraus. Grundlage der Planung in der Gefahrenabwehr ist daher eine Gefährdungsabschätzung unter Berücksichtigung der Gefahrenquelle nach Art und Größe sowie der Exposition relevanter Schutzgüter. Gefährdungsabschätzungen finden in vielen Bereichen Anwendung, z. B. im Rahmen der allgemeinen Gefahrenabwehr durch den Polizeivollzugsdienst, im Brand- und Katastrophenschutz sowie im nachsorgenden Umweltschutz.

Die Gefährdungsabschätzung ist ein wesentlicher Schritt zur Bewertung und Differenzierung von Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern in räumlicher und qualitativer Hinsicht.

## **7.1 Gefährdungsabschätzung - Voraussetzung zur Bewertung von Gefahren**

Die Gefährdungsabschätzung beruht auf einer integrierten Betrachtung, in die folgende Kriterien eingehen:

- die Gefahr nach Art, Größe und Eintrittswahrscheinlichkeit
- die im Bereich der Gefahrenquelle(n) vorhandenen Schutzgüter nach Art und Umfang
- die Exposition der Schutzgüter gegenüber den Gefahren in Bezug auf den möglichen resultierenden Schaden

Die Gefährdungsabschätzung für Kampfmittelbelastungen muss in zweierlei Hinsicht erfolgen. Primär hinsichtlich der Gefahren durch eine detonative Umsetzung des enthaltenen Sprengstoffs und sekundär bezüglich der möglichen Freisetzung von Schadstoffen durch Korrosion intakter Bombenkörper aus so genannten Zerschellern.

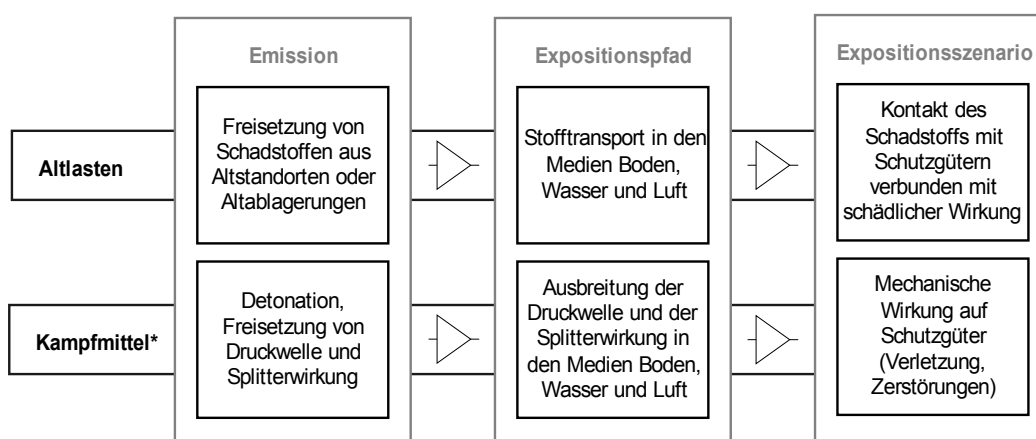
Die Abschätzung der Gefahren durch Kampfmittelbelastungen kann mit der Gefährdungsabschätzung aus der Altlastenbearbeitung verglichen werden.

Die Gefahr bei blindgegangenen Kampfmitteln geht in erster Linie von einer detonativen Umsetzung der enthaltenen Explosivstoffe sowie der daraus resultierenden Schadwirkung aus. Sie ist charakterisiert durch die Initiierung einer Detonation, der Detonation an sich, der räumlichen Wirkung der Detonation (Expositionspfad) und der schädigenden Wirkung auf Schutzgüter im Expositionsbereich (Expositionsszenario). Die schädliche Wirkung der Detonation eines Kampfmittels beruht auf der entstehenden Druckwelle sowie auf der Splitterwirkung (vgl. Kapitel 6.2).

Sekundär kann durch die Korrosion von im Boden liegenden Kampfmitteln eine weitere schädliche Wirkung von Schadstoffen auf Schutzgüter ausgehen, die denen der Altlasten entspricht. Dies beinhaltet Kontaminationen der Schutzgüter Boden und Grundwasser mit Schadstoffen sowie die Exposition des Schutzgutes Mensch diesen Schadstoffen gegenüber. In diesem konkreten Zusammenhang kann der weite Begriff der öffentlichen Sicherheit auf die Schutzgüter Leben und Gesundheit des Menschen, Boden, Wasser, Luft, tierisches und pflanzliches Leben und Sachgüter eingeschränkt

werden [Neumaier 1996]. Die schädliche Wirkung von Altlasten ist charakterisiert durch die Freisetzung von Schadstoffen, den Transport der Schadstoffe über Umweltmedien zu Schutzgütern (Expositionspfad) und die Wirkung der Schadstoffe auf das betroffene/kontaminierte Schutzgut, (Expositionsszenario) [SLUG 1995]. Die schädlichen Wirkungen auf die Schutzgüter Mensch, Pflanze und Tier können toxischer, teratogener<sup>5</sup>, mutagener oder carcinogener Natur sein [Alloway et al. 1996].

In Abbildung 10 sind die schädlichen Wirkungen der Kampfmittel denen der Altlasten gegenübergestellt.



\*) Wirkung der Kampfmittel aufgrund von Schadstofffreisetzung entsprechend der Altlasten

**Abbildung 10: Vergleich der möglichen schädlichen Wirkungen von Altlasten und Kampfmitteln**

Zur Abklärung einer Gefahrenlage aufgrund einer Kampfmittelbelastung ist eine Untersuchung der vorhandenen Gefahrenpotenziale, der Expositionspfade sowie der resultierenden Expositionsszenarien durch die Umsetzung eines Kampfmittels bzw. durch die Freisetzung von Schadstoffen notwendig.

5 teratogen – Entstehung von Missbildungen aufgrund von Schädigungen embryonaler oder fetaler Zellen oder von Mutationen in den Ei- oder Spermienzellen

Dies geschieht im Rahmen der Gefährdungsabschätzung in den Schritten:

- Inventarisierung des Gefahrenpotenzials

Auf Basis einer historischen Recherche und technischer Untersuchungen im Untersuchungsgebiet wird das vorhandene Kampfmittel- bzw. Schadstoffinventar qualitativ und quantitativ abgeschätzt.

- Erfassung der potenziell betroffenen Schutzgüter

Im Untersuchungsgebiet werden alle biotischen und abiotischen Schutzgüter erfasst, die durch die Umsetzung eines Kampfmittels oder die Freisetzung eines Schadstoffs – unabhängig von seiner tatsächlichen Entfernung zur Gefahrenquelle – geschädigt werden können.

- Bestimmung der Expositionspfade

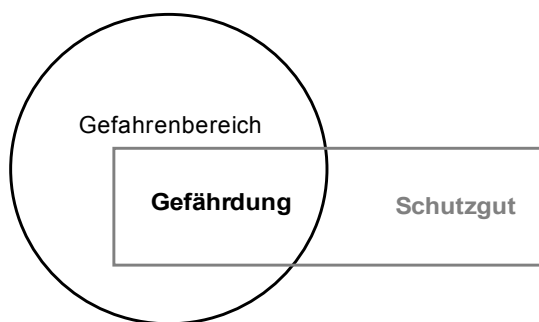
In Bezug auf die Exposition der schädlichen Wirkung durch die Detonation eines Kampfmittels kann der mögliche Wirkungsradius in Abhängigkeit von relevanten Einflussfaktoren (z. B. der Art und der Größe des Kampfmittels und seiner Tiefenlage, vgl. Kapitel 6.2.1) festgestellt bzw. modelliert werden. Weiterhin wird untersucht, inwieweit sich vorhandene Schadstoffe über die Umweltmedien ausbreiten können und damit ihre schädliche Wirkung bei den relevanten Schutzgütern entfalten können. Angesichts der Kenntnis der Schadstoffeigenschaften und der Berücksichtigung der lokalen geologischen, hydrogeologischen und pedogenen Voraussetzungen kann die Ausbreitung eines Schadstoffs ebenfalls modelliert werden.

- Expositionsszenario

Konkret beschreibt das Expositionsszenario im Falle der Detonation eines Kampfmittels den durch die Detonation zu erwartenden Schaden in Bezug auf die betroffenen Schutzgüter sowie die Eintrittswahrscheinlichkeit des anzunehmenden Schadens. Weiterhin kann hinsichtlich der Freisetzung von Schadstoffen aufbauend auf der Kenntnis der relevanten Expositionspfade und der Schadstoffeigenschaften, den Eigenschaften des Schutzgutes und des Kontaktes zwischen Schutzgut und Gefahrenquelle der mögliche Umfang eines Schadens qualitativ (z. B. Kontamination von Trinkwasser) und quantitativ (z. B. Kontaminationsvolumen oder Konzentrationen in Bezug auf

einschlägige Prüf- und Maßnahmenwerte) sowie nach der Eintrittswahrscheinlichkeit abgeschätzt werden.

Durch die Überlagerung der flächigen Ausbreitung von Gefahrenbereichen aufgrund der Detonation eines Bombenblindgängers und der Freisetzung von Schadstoffen, und von Schutzgütern kann ein Expositionsszenario mit seinen Quellen und Wirkungsbereichen kartiert werden. In Abbildung 11 ist exemplarisch ein einfaches Expositionsszenario dargestellt. In dem Bereich, in dem eine Gefahr auf ein Schutzgut trifft, d. h. sich Gefahren und Schutzgüter überschneiden, kommt es zur Gefährdung der Schutzgutes, die mittels der Gefährdungsabschätzung quantifiziert werden muss.



*Abbildung 11: Einfaches Expositionsszenario. In dem Bereich, in dem ein Schutzgut auf eine Gefahr trifft, kommt es zur Gefährdung des Schutzgutes*

Das Expositionsszenario kann bei großen Betrachtungsgebieten mit diversifizierten Schutzgutstrukturen und multiplen Gefahrenquellen hoch komplex sein. In diesem Fall ist es aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen möglich und sachlich erforderlich, die Gefahrenbereiche entsprechend ihrer Gefahrenintensität zu differenzieren bzw. die Schutzgüter entsprechend ihrer Schutzwürdigkeit zu klassifizieren. So können unterschiedliche Gefährdungsklassen bzw. -bereiche bestimmt werden. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Prioritätenbildung bei der Implementierung der Gefahrenabwehr geboten.

In Abbildung 12 ist im Fall a) ein Gefahrenbereich identifiziert worden, in dem zwei Schutzgüter unterschiedlicher Schutzwürdigkeit vorhanden sind. Hier ist die Gefährdung für beide Schutzgüter zu differenzieren. Im Fall b) befindet sich ein Schutzgut in zwei unterschiedlichen Gefahrenbereichen; folglich ist auch hier die abzuleitende Gefährdung für das Schutzgut entsprechend zu differenzieren. Bei großen Untersuchungsgebieten sollte die Gefährdungsabschätzung und -differenzierung zweckmäßigerweise kartografisch erfolgen.

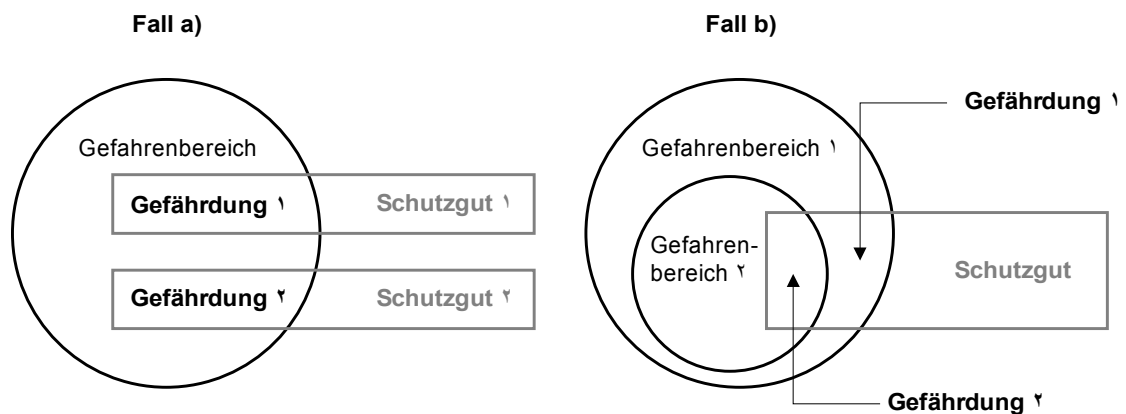
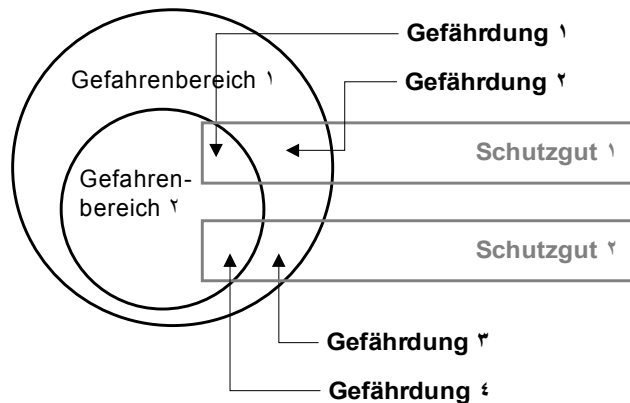


Abbildung 12: Expositionsszenarien mit a) Schutzgütern unterschiedlicher Schutzbedürftigkeit bzw. b) unterschiedlichen Gefahren und resultierenden unterschiedlichen Gefährdungen

Befinden sich in einem Untersuchungsbereich unterschiedlich zu bewertende Gefahrenbereiche und auch unterschiedlich zu bewertende Schutzgüter, sind die abzuleitenden Gefährdungsbereiche ebenfalls differenzierbar.

In Abbildung 13 ist die Verschneidung zweier Gefahrenbereiche mit zwei unterschiedlich zu bewertenden Schutzgütern dargestellt.



*Abbildung 13: Komplexes Expositionsszenario mit zwei unterschiedlich zu bewertenden Gefahren und zwei unterschiedlich zu bewertenden Schutzgütern. Daraus resultieren folglich vier unterschiedlich zu bewertende Gefährdungen.*

Die größte Gefährdung liegt in dem Bereich, in dem das schützenswerteste Schutzgut auf die größte Gefahr trifft. Der Bereich, in dem das weniger schützenswerte Schutzgut auf die geringere Gefahr trifft, ist der Gefahrenbereich mit der geringsten Gefährdung für die vorhandenen Schutzgüter. Die Zwischenstufen, d. h. besonders schützenswerte Schutzgüter in Bereichen geringerer Gefahr oder geringer eingestufte Schutzgüter in Bereichen höherer Gefahr, sind im Einzelfall zu gewichten. Die Gewichtung muss objektiv, d. h. möglichst abstrakt und mathematisch erfolgen, um einerseits komplexe Gefährdungssituationen objektiv bewerten zu können und andererseits eine Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Hierzu sind die Gefahrenquellen und Schutzgüter systematisch zu klassifizieren und mit entsprechenden Kennwerten zu belegen, deren mathematische Verarbeitung in einem Algorithmus reproduzierbare Ergebnisse liefert.



Durch die Kartierung der im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung abgeleiteten Gefährdungsbereiche entsteht eine Gefährdungskarte, die eine objektive Grundlage zur Priorisierung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr darstellt. Dabei muss sich die Prioritätensetzung am Polizei- und Ordnungsrecht orientieren, wonach die Gefahren, die zur größten Gefährdung (d. h. zur Schädigung der wertvollsten Schutzgüter) führen können, zuerst beseitigt werden müssen.

## 7.2 Grundlagen der Gefährdungsabschätzung bei Belastungen mit Kampfmitteln

In den vergangenen Jahren wurde in den „Arbeitshilfen Kampfmittelräumung“ eine Methode für die Gefährdungsabschätzung bei Kampfmittelbelastungen auf Bundesliegenschaften festgelegt. Als Grundlagen für die Gefährdungsabschätzung werden dabei folgende Maßnahmen gefordert:

- Historische Recherchen (Historisch-genetische Rekonstruktion)
- Geophysikalische Untersuchungen
- Beräumungen von Testfeldern

Die Gefährdungsabschätzung erfolgt dabei einzelfallbezogen anhand von verschiedenen Bewertungsfaktoren, z. B. aktuelle und zukünftige Nutzung, Sorte, Art, Lage und Menge des vermuteten oder festgestellten Kampfmittels, den Zustand festgestellter Kampfmittel, die Möglichkeit von Selbstdetonationen, die Möglichkeit der Detonation durch Fremdeinwirkung sowie die Explosions-, Detonations- und sonstige Wirkung auf die Schutzgüter [BMVBS et al. 2007].

Die für Bundesliegenschaften festgelegte Methodik für die Gefährdungsabschätzung bei Kampfmittelbelastungen lässt sich nicht auf das Problem von Bombenblindgängern übertragen. Diese Methode ist eher für die Bearbeitung von militärischen Liegenschaften und einzelnen Flurstücken in Kampfgebieten entwickelt worden und nicht für die systematische Bewertung von Kampfmittelbelastungen in größeren Räumen. Auch lassen sich geophysikalische Untersuchungen und Beräumungen von Testfeldern nicht in Gebieten anwenden, in denen einzelne größere Kampfmittel wie großkalibrige Bombenblindgänger vermutet werden. Aus diesem Grund erfordert die systematische Gefährdungsabschätzung in Bezug auf Gefahren durch Bombenblindgänger ein anderes Herangehen. Teilaspekte der in den Arbeitshilfen Kampfmittelräumung beschriebenen Methodik, insbesondere die historische Recherche, werden übernommen.

Der in der vorliegenden Arbeit gewählte Ansatz orientiert sich dabei an der grundsätzlichen, oben beschriebenen Herangehensweise, wie sie auch bei der Gefährdungsabschätzung im Altlastenbereich Anwendung findet.

Die Gefährdungsabschätzung für Bombenblindgänger muss alle relevanten Informationen bezüglich der Gefahren (Bombenblindgänger, Bezünderungsarten, Tiefenlagen, u. a.), der Schutzgüter (menschliches Leben und Gesundheit, hochwertige Sachgüter), der Exposition der Schutzgüter sowie der Expositionsszenarien (Schadensszenarien) und ihrer Eintrittswahrscheinlichkeiten berücksichtigen. Der erste Schritt der erforderlichen Gefährdungsabschätzung ist daher die Informationsrecherche. Eine Einschränkung erfährt diese Forderung insofern, als dass Informationen nur soweit recherchiert werden können, wie sie (noch) vorhanden und zugänglich bzw. für den Nutzer verfügbar sind. Als zweiter Schritt schließt sich in großen, komplexen Betrachtungsräumen mit multiplen Gefahrenquellen die Kartierung und Klassifizierung der recherchierten Informationen an. Dadurch wird die geforderte objektive und reproduzierbare Bewertung ermöglicht, da alle Informationen Raumbezug erhalten. Im dritten Schritt erfolgt dann die Bewertung auf Basis eines Bewertungsalgorithmus, der die mit Kennwerten belegten, unterschiedlichen Informationen verarbeitet.

Die erforderlichen Informationen für eine kampfmittelbezogene Gefährdungsabschätzung, insbesondere für Bombenblindgänger in Siedlungsgebieten, können in vier große Gruppen eingeteilt werden:

- Einsatz von, Schäden durch und Beräumung von Bombenblindgängern im Untersuchungsgebiet sowie historische Nutzung des Untersuchungsgebietes (Archivrecherchen)
- aktuelle Nutzung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Schutzgüter (Nutzungsanalyse)
- naturräumliche Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet (naturräumliche Analyse)
- Literaturrecherchen zu Rechtsgrundlagen und zum Stand der Technik

Die historische Recherche zielt insbesondere auf Informationen zum Einsatz von Bomben, Art und Anzahl eingesetzter Bomben, durch den Bombeneinsatz entstandene Schäden sowie die Beräumung von Blindgängern ab. Zu den relevanten Informationen aus militärischen Quellen gehören Angaben über die kriegsführenden Parteien, die eingesetzten militärischen Einheiten, die Ziele der militärischen Einsätze, die Art und

jeweilige Anzahl eingesetzter Bomben und die Zeiträume und Häufigkeiten des Einsatzes von Bomben. Aus zivilen und militärischen Quellen lassen sich oftmals Informationen zu Schäden, die an den Zielen im Untersuchungsgebiet entstanden sind, recherchieren. Diese dienen dem Abgleich mit den Angaben zu Zielen und zur Eingrenzung der tatsächlich von Bombenangriffen betroffenen Bereiche in einem Untersuchungsgebiet. Aus den genannten Informationen lassen sich Schlussfolgerungen über Einsatz und Einsatzort sowie die Art der eingesetzten Bomben und Bombenzünder ziehen. Ein weiterer wichtiger Punkt sind Informationen über die Kampfmittelbeseitigung im Untersuchungsgebiet seit Beendigung der Kampfhandlungen. Hieraus können Erkenntnisse über bereits beräumte Bombenblindgänger hinsichtlich Anzahl, Art, Typ, Lage (Fundorte und Tiefenlage) und Zustand beim Auffinden gewonnen werden. Diese sind im Hinblick auf die Bewertung der Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit der Detonation und Selbstdetonation von Bombenblindgängern im Untersuchungsgebiet sowie der Wirkungsbereiche im Falle der Umsetzung relevant.

Die Zusammenführung der historischen Informationen ermöglicht die räumlich und nach Art der Bomben differenzierte Erfassung und Kartierung der Kampfmittelbelastung. Damit sind die Gefahrenquellen als solche, die Bomben und ihre räumliche Verteilung sowie ihre bei ungeminderter Umsetzung zu besorgenden Wirkungsbereiche als Grundvoraussetzung für die Gefährdungsabschätzung erfasst. Die Differenzierungen der Gefahren, die von den unterschiedlichen, im Untersuchungsgebiet durch die historischen Recherchen nachgewiesenen, Bomben ausgehen, können aus der Größe und Art sowie der Ablagetiefe der unterschiedlichen Bomben abgeleitet werden. Diese werden entsprechend bewertet.

Die Recherche der historischen Nutzung dient der Erfassung von Nutzungsstrukturen, die zwar aktuell nicht mehr vorhanden, aber für die Bewertung und Gefährdungsabschätzung relevant sind. Dabei gilt es jene Bereiche zu erfassen, die einst militärisch oder industriell genutzt oder beeinflusst worden sind. Dazu zählen u. a. ehemalige Industrieflächen, Rüstungsaltslasten sowie Kontaminationen von Boden und Grundwasser. Die Recherche dieser Informationen dient dem Abgleich mit und der Verifizierung der historischen Recherchen zu Angriffszielen und Schäden, der

Ausweisung von Kontaminationsverdachtsflächen, die bei der Gefährdungsabschätzung oder der späteren Bearbeitung aufgrund besonderer, zusätzlicher Gefahren besonders berücksichtigt werden müssen.

Unabhängig von der historischen Recherche sind die Schutzgüter im Untersuchungsgebiet zu erfassen. Dies geschieht durch eine aktuelle Nutzungsanalyse und -kartierung, in der alle relevanten Schutzgüter erfasst werden. Voraussetzung hierfür ist eine Klassifizierung und Wichtung der Schutzgüter. Erstes und wichtigstes Schutzgut ist grundsätzlich das Leben und die Gesundheit des Menschen. Dies gilt nicht nur für die direkte Schädigung menschlichen Lebens und menschlicher Gesundheit, sondern auch für indirekte oder sekundäre Wirkungen, die Leben und Gesundheit von Menschen betreffen. In diesem Zusammenhang werden bei sächlichen Schutzgütern die so genannten hochwertigen Sachgüter besonders berücksichtigt. Hochwertige Sachgüter sind z. B. Versorgungs- und Infrastruktureinrichtungen, deren Schädigung und Ausfall direkt oder indirekt Leben und Gesundheit von Menschen beeinträchtigen können. Hierzu zählen auch Schutzgüter, in denen sich zumindest zeitweise zahlreiche Menschen aufhalten. Das sind in erster Linie Wohngebiete mit unterschiedlichen Besiedlungsdichten und öffentliche Versammlungsorte. Zu den hochwertigen Sachgütern gehören wichtige Verkehrsinfrastruktur (wichtige Straßen, Bahnanlagen und -höfe), Versorgungsmedien (Wasser, Elektrizität, Gas), wichtige öffentliche Einrichtungen wie Krankenhäuser, Feuer- und Polizeiwachen, Kindertagesstätten, Schulen und Universitäten. Eine hohe wirtschaftliche Bedeutung allein reicht in der Regel für die Erfüllung der Merkmale hochwertiger Sachgüter nicht aus. Bei der Kartierung der tatsächlichen Nutzung (und kurz- bis mittelfristig geplanter Nutzungen) werden das Schutzgut Mensch und das Schutzgut hochwertige Sachgüter explizit ausgewiesen. Anhand der Nutzungsarten kann dabei auf die Anzahl von Personen geschlossen werden, die sich periodisch oder dauerhaft am jeweiligen Ort aufhält. Die Klassifizierung und Wichtung der Schutzgüter hat sich dabei grundsätzlich am wertvollsten Schutzgut Mensch zu orientieren. Diese wird für die Klassifizierung sinnvollerweise in Form von Personendichten erfasst.

Zusätzlich müssen bei der Schutzgutklassifizierung Einrichtungen erfasst werden, die im Falle einer Bombendetonation eine Gefahrenerhöhung bewirken können (z. B. Tankstellen, Gefahrstofflager u. a.) und daher ebenfalls zu schützen sind.

Neben technischen Fehlfunktionen der Zündmechanismen bestimmt die Geologie des Untersuchungsgebietes das Auftreten von Blindgängern und ihre jeweilige Eindringtiefe. Daher ist es wichtig, die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen im Rahmen der naturräumlichen Analyse zu recherchieren. Zusammen mit statistischen Informationen der geborgenen Bombenblindgänge lassen sich aus der Geologie und der Kenntnis der Angriffsziele Annahmen über das Auftreten und die Tiefenlage von Bombenblindgängern in diskreten geologischen Einheiten ableiten. Bei harten Oberflächen (Festgestein, feste Oberflächen anthropogenen Ursprungs) ist von einem geringen Aufkommen an Bombenblindgängern und einer geringen Eindringtiefe auszugehen. Bei weichen Sedimenten (Schlick, Torf, locker gelagerte Sedimente) hingegen ist mit einem größeren Aufkommen an Bombenblindgängern und größeren Eindringtiefen zu rechnen. Darüber hinaus spielen die Geologie und die Hydrogeologie im Zusammenhang mit der Größe und Ablagetiefe von Kampfmitteln, insbesondere der Flurabstand und die Verbreitung von Grundwasserleitern, eine große Rolle im Hinblick auf die Ausbreitung der Druckwelle und des Splitterfluges bei einer Detonation.

Für die Bewertung der zu erwartenden Wirkungen bei der Umsetzung von Kampfmitteln, der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schadensereignisses bei verschiedenen Beanspruchungen der Kampfmittel, der Auswirkungen bei einem Schadensereignis und daraus abzuleitenden und für die Bewertung anzuwendenden Schutz- und Sicherheitsabstände ist eine Literaturrecherche erforderlich. Diese schließt technische Literatur und Rechtsliteratur ein.

Bestimmend für den Umfang der erforderlichen Recherchen in den vier genannten Bereichen, ist die Anzahl der einzubeziehenden Quellen, der zeitliche und finanzielle Aufwand und die Größe des Untersuchungsgebietes für die Gefährdungsabschätzung. Die Größe des Untersuchungsgebietes ist auftragsabhängig. Sie kann von kleineren, diskreten Flächen bis hin zu ganzen Bundesländern im Zuständigkeitsbereich des jeweiligen Kampfmittelbeseitigungsdienstes reichen. Kleinere, diskrete Flächen

können dabei einzelne militärisch oder industriell genutzte Flächen sein, die nur wenigen Angriffen oder Kampfhandlungen ausgesetzt waren. Handelt es sich bei dem Untersuchungsgebiet um eine größere Stadt oder um größere, nicht zusammenhängende Bereiche, die über längere Zeiträume mehreren und möglicherweise unterschiedlichen Kampfhandlungen ausgesetzt waren, so ist aufgrund der Komplexität ein erheblich größer Aufwand für die Recherchen und die Bewertung erforderlich. In diesen Fällen ist es notwendig, geografische Informationssysteme für die Erfassung aller Informationen und die Durchführung der Gefährdungsabschätzung einzusetzen.

Im Folgenden werden die einzelnen Bereiche der Recherchen hinsichtlich der verfügbaren Quellen, des möglichen Informationsgewinnes aus den jeweiligen Quellen sowie der Bewertung der gewinnbaren Informationen diskutiert. Unter Berücksichtigung des Zieles dieser Arbeit wird die Betrachtung auf Bombenblindgänger beschränkt. Die Methode ist aber mit einer entsprechenden Anpassung der Recherchen auch auf Belastungen mit anderen Kampfmitteln übertragbar.

### **7.2.1 Archivrecherchen**

Die Archivrecherchen dienen dazu, Informationen über Art und Umfang der eingesetzten Kampfmittel sowie deren Anwendungszeitraum zu erfassen. Außerdem sollen entstandene Schäden, die bis dato erfolgte Kampfmittelbeseitigung sowie die historische Nutzung des Untersuchungsgebietes systematisch und – soweit möglich – vollständig erfasst werden. Hierzu kann es erforderlich sein, Recherchen in zahlreichen unterschiedlichen regionalen, nationalen und internationalen Archiven durchzuführen.

Informationen über den Einsatz von Kampfmitteln lassen sich sowohl in den Archiven der angreifenden Kriegspartei (strategische Planung, Aufklärung, Einzelzielplanung, Einsatzpläne, Einsatzberichte, Zielauswertungen nach Angriffen) als auch in den Archiven der angegriffenen Kriegspartei (Schadensberichte regionaler und nationaler Stellen, Lage- und Einsatzberichte der Luftabwehr und der Luftwaffe, Blockwartberichte) gewinnen.

Bei Archivrecherchen sind in Abhängigkeit von der Bedeutung des Zieles, dem Verlauf der Kampfhandlungen sowie der Zugänglichkeit von Archivbeständen Einschränkungen zu berücksichtigen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass strategische (systematische) Luftangriffe und ihre Auswirkungen bzw. Ergebnisse deutlich besser dokumentiert sind als taktische Luftangriffe zur Unterstützung von Kampfhandlungen am Boden. Weiterhin hängt der Erfolg von Archivrecherchen wesentlich von der Zugänglichkeit und vom Erschließungsgrad von Archivbeständen ab. Einige Archivbestände sind grundsätzlich nicht für Nutzer zugänglich, andere Archivbestände sind zwar theoretisch zugänglich, aber bislang nicht erschlossen, d. h. durch Katalogisierung und Findhilfsmittel für den Nutzer durchsuchbar.

Strategische Luftangriffe auf Ziele in den vom Deutschen Reich besetzten Gebieten sowie im Deutschen Reich selbst, die von der britischen und der amerikanischen Luftwaffe im Zweiten Weltkrieg durchgeführt wurden, sind in der Regel sehr gut dokumentiert. Die strategischen Luftangriffe waren Teil einer umfassenden Strategie, in deren Rahmen die deutsche Rüstungsindustrie durch systematische Angriffe auf Schlüsselbranchen massiv gelähmt und die Moral der deutschen Bevölkerung durch andauernde Angriffe auf zivile Siedlungsbereiche gebrochen werden sollte [USSBS 1945a]. Für die Planung der systematischen, strategischen Luftangriffe erfolgte eine flächendeckende Aufklärung, deren Ziel es war, alle relevanten Ziele (wichtige militärische Einrichtungen, Rüstungsbetriebe, Verkehrsknotenpunkte, Betriebe der Rohstoffindustrie, Siedlungszentren) zu erfassen [USSBS 1945b; British Air Ministry 1944a]. Im nächsten Schritt wurden einzelne Gruppen von Zielen nach aktuellen Notwendigkeiten der Kriegsführung ausgewählt, die dann einer detaillierteren Zielaufklärung unterzogen wurden. Auf dieser Basis erfolgte dann die Angriffsplanung hinsichtlich des Zeitpunktes des Angriffs, der erforderlichen Kapazitäten und einzusetzenden Kampfmittel. Die Vorbereitung, Durchführung und die Ergebnisse von Angriffen sind in Form von Einsatzbefehlen, Ladelisten und Einsatzberichten mit einer ersten Bewertung des Ergebnisses des Angriffs dokumentiert [USAAF 1945a; USAAF 1945b]. In der Regel folgte den Angriffen im Abstand von mehreren Stunden bis Tagen eine weitere Aufklärung aus der Luft, um die durch den oder die Angriffe erzeugten Schäden genauer zu bewerten [USAAF



1945c; USAAF 1945d]. Als Dokumente der Zielaufklärung, Angriffsvorbereitung und -durchführung sowie der Bewertung der Angriffsergebnisse sind weitestgehend umfangreiche schriftliche Unterlagen und Luftbilder erhalten. Diese sind in den Nationalarchiven in den USA (Washington D.C. und College Park, Maryland) sowie Großbritannien (London, Keele) und im Archiv der US Air Force (Montgomery) überliefert und auch erschlossen. In der Regel können für im Rahmen der strategischen Luftangriffe angegriffene Ziele aus schriftlichen Dokumenten und Luftbildern folgende Informationen gewonnen werden:

- Datum von Angriffen
- genaue Angriffsziele der einzelnen Luftangriffe
- eingesetzte Bombergruppen (Anzahl und Typen der eingesetzten Flugzeuge) mit Angabe der Beladung mit Bomben nach Typ, Bezünderung und Anzahl
- Berichte über die Durchführung von Angriffen mit Beschreibung und Kartierung der Zielgebiete, der tatsächlichen Abwurfgebiete und der resultierenden Zerstörungen
- Luftbilder mit Aufnahmedatum
- Dokumentation des Zustandes der Ziele einschließlich Zerstörungen, Bomben- und Einschlagtrichter

Einschränkungen sind grundsätzlich hinsichtlich der Vollständigkeit der Erstellung und Überlieferung sowie des Informationsgehaltes von schriftlichen Unterlagen und von Luftbildern zu erwarten. Auch bei einer umfangreichen Archivrecherche muss damit gerechnet werden, dass nicht alle Angriffe dokumentiert und/oder überliefert sind.

Taktische Luftangriffe und Kampfhandlungen am Boden sind in der Regel weniger umfangreich dokumentiert als strategische Luftangriffe. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Kampfhandlungen weniger planbar waren und sich der Einsatz von Kampfmitteln in der Regel aus kurzfristigen Notwendigkeiten ergab. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auch für taktische Luftangriffe und Kampfhandlungen am Boden Informationen recherchiert werden können. Allerdings müssen hier immer Einschränkungen bzw. Abstriche hinsichtlich der Vollständigkeit bzw. Umfänglichkeit, der Detaillierung und der Ortsreferenzierung von Informationen

gemacht werden. So sind für taktische Luftangriffe meist nur Angaben aus den Kriegstagebüchern der jeweiligen Einheiten recherchierbar. Je nach Art und Umfang dieser Dokumente sind Angaben über den jeweiligen Ort, die Ziele und die eingesetzten Kampfmittel unvollständig/ungenau. Gleiches gilt für die Angaben in den Kriegstagebüchern von Infanterie- und Artillerieeinheiten. Zwar sind die Einsatzorte und Einsatzzeiten in der Regel nachvollziehbar, Informationen über eingesetzte Kampfmittel und angegriffene Ziele finden sich darin aber nur selten.

Auf der angegriffenen Seite wurden die Schäden nach den Luftangriffen erhoben und Maßnahmen zur Behebung von Schäden und zur Beseitigung von Blindgängern ergriffen. Diese Maßnahmen wurden in den Kriegswirren allerdings nur teilweise dokumentiert und sind durch die andauernden Kriegsereignisse häufig nur unvollständig erhalten. Daher können die aus lokalen Quellen recherchierbaren Informationen in der Regel stark eingeschränkt sein. Darüber hinaus ist die Dokumentation in Abhängigkeit von den Zuständigkeiten von einer Vielzahl von unterschiedlichen Stellen durchgeführt worden, so dass die Recherchen sehr aufwändig sind.

Unter den möglichen Quellen sind besonders zu nennen

- Stadt- und Landesarchive: Zeitzeugenberichte, Schadensberichte kommunaler Stellen einschließlich Polizei und Feuerwehr sowie Luftschutzbehörden, Dokumente über die Blindgängerbeseitigung, Berichte in zeitgenössischen Medien, u. a. m.
- Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg: Schadens- und Lageberichte der Luftwaffe, Dokumente von an Angriffsorten stationierten militärischen Einheiten und Dienststellen sowie Berichte der zuständigen militärischen Stellen über die Blindgängerbeseitigung
- Firmenarchive: detaillierte Berichte über Schäden durch Luftangriffe und nachfolgende Produktionsausfälle sowie Maßnahmen zur Behebung von Schäden

Gegenüber den Überlieferungen in US-amerikanischen und britischen Archiven sind die Unterlagen deutscher Stellen in der Regel nur stark fragmentiert überliefert. Die Recherchen sind daher sehr aufwändig und liefern oft nur eingeschränkte Ergebnisse.

Eine Recherche in diesen Quellen sollte trotzdem, nach Möglichkeit immer, erfolgen, um die Informationen aus anderen Quellen zu verifizieren und erforderlichenfalls zu ergänzen, wo Lücken offensichtlich sind.

Daten über die Kampfmittelbeseitigung in der Vergangenheit können grundsätzlich Erkenntnisse über die im Untersuchungsbereich eingesetzten Bomben und Bombenzünder, über die typischen Fundorte und Fundsituationen sowie über den technischen Zustand der Blindgänger liefern. Diese Erkenntnisse dienen einerseits zur Verifizierung der Erkenntnisse aus den Unterlagen der Alliierten und andererseits zur Abschätzung der Gefahren aufgrund der noch vorhandenen Blindgänger. Hinzu kommen Informationen über bereits beräumte Flächen, die unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Beräumung verfügbaren und verwendeten Technologien gegebenenfalls (ggf.) als kampfmittelfrei betrachtet werden können. Diese Informationen bezüglich von Bombenblindgängern existieren in Form von Berichten, Protokollen, Meldungen und Karten und können folgende Angaben zu Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen enthalten:

- Datum der Maßnahme oder Feststellung
- Ort bzw. Fläche
- Kampfmitteltyp (Bombentyp, Zündertyp)
- Zustand der Kampfmittel
- Menge der Kampfmittel
- Lage (Tiefenlage, Deklination, Inklinatation)
- Art der Maßnahme (Zufallsfund-Beräumung oder systematische Beräumung als Verdachtspunkt bzw. Verdachtsfläche für Bombenblindgänger)
- verwendete Suchtechnologie
- Art der Beseitigung

Die Angaben können sich hinsichtlich ihrer Qualität und Verwertbarkeit stark unterscheiden, dies ist bei der Bewertung entsprechend zu berücksichtigen. Erfahrungsgemäß sind die Angaben zum Fundort, d. h. die Georeferenzierung der Informationen insbesondere bei älteren Dokumenten oft sehr ungenau bzw. kaum reproduzierbar.

Hinzu kommen Informationen zu Verdachtspunkten bzw. Verdachtsflächen für Bombenblindgänger, die von den Kampfmittelbeseitigungsdiensten im Rahmen der Luftbildauswertung aller verfügbaren Luftbilder erfasst werden. Wegen begrenzt zur Verfügung stehender Ressourcen können die Verdachtspunkte meist nicht durch geophysikalische Untersuchung und ggf. erforderliche Beräumung von festgestellten Bombenblindgängern zeitnah abgearbeitet werden.

Die Maßnahmen der Kampfmittelbeseitigung lassen sich hinsichtlich der historischen Rahmenbedingungen in vier Zeiträume einteilen:

- während des Krieges (Wehrmacht, Luftschutzbehörden) 1940 bis 1945
- in den Nachkriegsjahren (durch die Besatzungsmächte) zwischen ca. 1945 und 1950
- durch Landesbehörden (alte Bundesländer) bzw. durch Volkspolizei (neue Bundesländer) ab ca. 1950 bis 1991
- ab 1991 durch die nach der jeweiligen Zuständigkeitsverordnung zuständigen Landesbehörden der Bundesländer

Die Daten der Kampfmittelbeseitigung aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges sind nur bruchstückhaft vorhanden. Das liegt einerseits in der fehlenden Dokumentation der Bombenräumungen, die nach Bombenangriffen in großer Zahl anfielen und nur einen Teil der Rettungs-, Aufräum- und Wiederaufbauarbeiten darstellten. Andererseits sind sehr viele Unterlagen zerstört worden bzw. nach Kriegsende durch die Besatzungsmächte beschlagnahmt worden. Die Überlieferung von Daten über die Beseitigung von Blindgängern während des Zweiten Weltkrieges ist mit der Überlieferung von Daten zu durch Bombenangriffe verursachten Zerstörungen vergleichbar – Unterlagen sind allenfalls fragmentarisch erhalten. Ein geringer Überlieferungsgrad hinsichtlich der Daten von Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen ist auch für die Nachkriegsjahre kennzeichnend, als die Verantwortung für die Kampfmittelbeseitigung bei den alliierten Besatzungsmächten lag. Erst mit der Übertragung der Aufgaben der Kampfmittelbeseitigung auf die Landesbehörden in der Bundesrepublik bzw. die Volkspolizei in der DDR wurden Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen dokumentiert und sind in den Landesarchiven oder den Archiven der zuständigen Behörden oder Fachdienste erhalten. Durch den Ablauf von

Aufbewahrungsfristen für Akten in einigen Behörden wurden Unterlagen über erfolgte Maßnahmen der Kampfmittelbeseitigung allerdings teilweise bereits vernichtet. So wurden z. B. in den ehemaligen Bezirken des heutigen Landes Brandenburg in den 1980er Jahren Unterlagen über die Kampfmittelbeseitigung in früheren Jahren vernichtet, wenn kein Ortsbezug herzustellen war [Krull 2007]. Ab Anfang der 1990er Jahre erfolgte die Protokollierung von Kampfmittelfunden in der Regel mit Ortsbezug. Die Einführung von GPS-Geräten ermöglichte ab diesem Zeitraum die relativ genaue Erfassung von Ortskoordinaten auch in Bereichen, in denen dies zuvor aufgrund fehlenden oder ungenauen Kartenmaterials (z. B. in Waldgebieten) nur mit einem erhöhten Aufwand für eine terrestrische Vermessung möglich gewesen wäre. Letzteres unterblieb und unterbleibt bei der Dokumentation von Kampfmittelfunden bis heute zumeist aus Kostengründen. Seit Mitte der 1990er Jahre wurden geografische Informationssysteme verwendet um, Räummaßnahmen zu dokumentieren und Verdachtskarten für die Kampfmittelbelastung in den einzelnen Bundesländern zu erstellen. Die Erfassung von Kampfmittelfunden mit Ortsreferenz ist generell ein wichtiges Hilfsmittel bei der Einschätzung der Kampfmittelbelastung.

Insgesamt ist festzustellen, dass ab Anfang der 1990er Jahre Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen in allen Bundesländern mehr oder weniger umfangreich dokumentiert werden. Es ist bemerkbar, dass die Dokumentation nicht immer den Vorgaben, der Qualität, entsprach, was möglicherweise von dem Bearbeiter und der Verfügbarkeit der erforderlichen technischen Hilfsmittel abhängig ist [KMBD BRB 2007e].

Daten über die Kampfmittelbeseitigung in der Vergangenheit sind in der Regel in folgenden Quellen zu finden:

- Landesarchive: Dokumente von zuständigen Landesbehörden, die im Bereich der Kampfmittelbeseitigung zuständig waren oder sind. In den neuen Bundesländern sind vor allem die Unterlagen der früher für die Kampfmittelbeseitigung zuständigen Volkspolizei hier archiviert.
- Kommunale Archive: Chroniken, in denen die Beseitigung von Bombenblindgängern teilweise erfasst ist, lokale Zeitungen in denen Berichte über Bombenblindgänger zu finden sein können, sowie Berichte einzelner

Zeitzeugen zum Thema. Teilweise sind die Unterlagen zuständiger kommunaler Behörden (z. B. für die Evakuierung zuständige Ordnungsämter, beteiligte Feuerwehren, etc.) ebenfalls in den kommunalen Archiven über die normalen Aufbewahrungsfristen hinaus erhalten.

- Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg: Informationen über die Blindgängerbeseitigung von militärischen Dienststellen aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges sind in sehr geringem Umfang erhalten.
- Archive der Landesbehörden: in der Regel sind die größten und am weitesten zurück reichenden Bestände in den eigenen Archiven der hierfür zuständigen Stellen (z. B. Kampfmittelbeseitigungsdienste) zu finden, da hier Dokumente über die gesetzliche Aufbewahrungsfristen hinaus aufbewahrt werden.
- Nachlässe bzw. private Sammlungen ehemaliger Feuerwerker (z. B. des Feuerwerkers Walter Merz über die Kampfmittelbeseitigung in der Stadt Hamburg in der Bibliothek der Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr in Hamburg)

### **7.2.2 Nutzungsanalyse**

Zur Untersuchung der Schutzgutexpositon durch die Detonation eines Bombenblindgängers müssen die Schutzgüter im Untersuchungsgebiet nach Art und Schutzwürdigkeit systematisch und objektiv erfasst werden. Dazu können die Nutzungsstrukturen und -objekte herangezogen werden. Städtische Nutzungsstrukturen und -objekte können flächenbezogen aufgenommen und kartiert werden. Wesentliche Nutzungsarten und -strukturen sind:

- öffentliche Plätze und Gebäude
- Infrastruktur (Bahnhof, Hauptstraßen, Fußgängerzonen, Versorgungsmedien, etc.)
- Gewerbeflächen (Bürogebäude, Werkstätten oder Produktion etc.)
- Wohnbebauung (Mehrfamilienhäuser, Einfamilienhäuser)
- Frei- und Brachflächen
- landwirtschaftlich genutzte Flächen, Forst- und Wasserflächen.

Anhand der genannten Nutzungsstrukturen können Schutzgutdichten bzw.

Wertigkeiten z. B. bezüglich der Personendichten oder hochwertiger Sachgüter abgeleitet werden. Die Kartierung der Nutzungsarten und -strukturen erfolgt auf Grundlage von:

- Karten (topographische Karten, thematische Karten, Stadtpläne)
- aktuellen Luftbildern (digitale Orthofotos)
- Infrastrukturplänen (Kabelpläne, Rohrleitungspläne u. a.)
- direkter Erhebung besonderer Schutzgüter (Seniorenheime, Schulen)
- Abfragen zu öffentlichen Einrichtungen bei der Kommunalverwaltung

Diese Materialien können bei verschiedenen öffentlichen und privaten Einrichtungen vorliegen bzw. bezogen werden, z. B. bei:

- Landesvermessungsämtern bzw. Ämtern für Geoinformation, Katasterämtern u. ä.
- Stadtwerken bzw. Versorgern
- Verkehrsbetrieben bzw. Bahngesellschaften
- Verkehrsbehörden
- Gefahrenabwehrbehörden/-einrichtungen (Polizei, Feuerwehr, Katastrophenschutz, Technisches Hilfswerk (THW), etc.)
- öffentlichen oder privaten Trägern von besonders schutzwürdigen Einrichtungen (Krankenhäuser, Seniorenheime, Kindertagesstätten u. a.)

Die detaillierte Erfassung von Schutzgütern erfordert insbesondere in größeren Ballungsgebieten einen erheblichen Arbeitsaufwand. Abhilfe können hier die Daten der automatischen Liegenschaftskataster (ALK-Daten) schaffen, soweit diese für das jeweilige Untersuchungsgebiet bereits flächendeckend verfügbar sind. Nachteilig sind die hohen Kosten für die Beschaffung von flächendeckenden ALK-Daten. Diese werden, nach der in den meisten Bundesländern bereits vollzogenen Umwandlung der Landesbehörden für Vermessung und Geobasisinformation in Landesbetriebe bzw. Profitcenter, auch den für die Gefahrenabwehr zuständigen Behörden nicht mehr kostenfrei zur Verfügung gestellt.

### 7.2.3 Naturräumliche Analyse

Im Rahmen der naturräumlichen Analyse sind die naturräumlichen Gegebenheiten zu recherchieren, die Einfluss auf die Eindringtiefe von Blindgängern und auf die Wirkung der Detonation von Blindgängern haben können. Wie zuvor beschrieben sind deshalb für das jeweilige Untersuchungsgebiet Informationen hinsichtlich der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten zu recherchieren. Diese können in folgender Form vorliegen:

- geologische und hydrogeologische Kartenwerke (aktuelle oder historische Karten in analoger oder digitaler Form)
- Schichtenverzeichnisse und Beschreibungen der lokalen Geologie und Hydrogeologie aus Baugrundgutachten, Altlastengutachten, Protokollen der Kampfmittelbeseitigung

In den geologischen Karten und Gutachten können auch Informationen über Verfüllungen (anthropogene Nutzung) enthalten sein. Als Quellen für diese Informationen kommen in Frage:

- Landesvermessungsämter bzw. Landesbetriebe für Vermessung und Geobasisinformation (Vertrieb von geologischen und hydrogeologischen Kartenwerken in analoger und digitaler Form)
- Für Geologie und Hydrogeologie zuständige Fachbehörden auf Länderebene
- Kampfmittelbeseitigungsdienste – Räumprotokolle
- Umweltbehörden – Gutachten, Karten u. a.

Probleme hinsichtlich der Datenqualität bestehen häufig dahingehend, dass nur relativ großmaßstäbige geologische und hydrogeologische Kartenwerke verfügbar sind, welche die für die Aufgabenstellung erforderliche räumliche Auflösung nicht enthalten. Darüber hinaus sind geologische und hydrogeologische Kartenwerke noch nicht digital verfügbar. Die Recherche von Einzelinformationen aus unterschiedlichsten Gutachten und Protokollen, die aktuelle kleinräumigere Daten liefern kann, ist sehr aufwändig und liefert meist keine flächendeckenden Daten.



## 7.2.4 Literaturrecherchen

Die Literaturrecherchen dienen der Erhebung wissenschaftlich-technischer und rechtlicher Grundlagen sowie des Standes der Technik, auf denen die Gefährdungsabschätzung aufbauen kann. Die zu recherchierende Literatur umfasst dabei die folgenden Bereiche:

- historische und aktuelle wehrwissenschaftliche Publikationen zu den einschlägigen Kampfmitteln, ihren Wirkungen und Versagensgründen
- Untersuchungen über Bombenblindgänger (Aufbau, Versagensgründe, Gefahren, Unfälle)
- Untersuchungen über historische und aktuelle Unfälle mit Kampfmitteln bzw. Bombenblindgängern
- Sicherheitsvorschriften insbesondere der Schutz- und Sicherheitsabstände bei Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen, beim Umgang mit Kampfmitteln, bei der Vernichtung von Kampfmitteln und bei Stahlsprengungen
- Maßnahmen zur Minimierung der schädlichen Wirkung von Bombendetonationen bzw. zur Verringerung der erforderlichen Schutz- und Sicherheitsabstände
- Vorschriften zum allgemeinen Umgang mit und zur Vernichtung von Kampfmitteln im militärischen und zivilen Bereich
- Vorschriften aller Art zur Kampfmittelbeseitigung und zur Sprengtechnik (Analogie von Kampfmitteln zu Stahlsprengungen)
- Vergleiche der Strategien zur Kampfmittelsuche und -beseitigung in unterschiedlichen Bundesländern und Nationen

Die Beschaffung von Literatur zu diesem Gebiet gestaltet sich aus mehreren Gründen generell schwierig. Zum einen ist die einschlägige Fachliteratur nicht sehr umfangreich. Zum anderen unterliegen die meisten Erkenntnisse der Geheimhaltung (insbesondere im militärischen Bereich) bzw. sind Verschlussache und nur für den Dienstgebrauch bestimmt. Deshalb ist die Recherche sehr aufwändig und schließt viele nationale und internationale Quellen sowie historische und aktuelle Literatur mit ein. Ein Großteil der Arbeiten auf dem Gebiet wird nicht publiziert, sondern in Form von Gutachten erstellt, die als „graue Literatur“ in der Regel nur einem kleinen Kreis zugänglich und nicht frei erhältlich sind.

## **7.3 Datengrundlage und Bewertung der Daten zur Abschätzung der Gefahren durch Bombenblindgänger in einem Untersuchungsgebiet**

Die einzelnen, oben diskutierten Recherchen ergeben eine Vielzahl von Informationen, die im nächsten Schritt auf dem Weg zur Gefährdungsabschätzung bezüglich ihres Informationsgehaltes bewertet, systematisiert und für die Verwendung im geografischen Informationssystem digitalisiert werden müssen. Bei Verwendung eines geografischen Informationssystems ist der Raumbezug aller verwendeten Daten Grundvoraussetzung für die Verarbeitung. Daher muss für solche Informationen, die keinen direkten Raumbezug haben, durch Abgleich mit weiteren Quellen ein Raumbezug geschaffen werden. Je nach Art und Alter der Quelle ist die Qualität des Ortsbezuges variabel.

Im Folgenden wird die Herangehensweise für die räumlich differenzierte Bewertung der Gefahren und Schutzgüter in einem Untersuchungsbereich anhand von typischerweise recherchierbaren Informationen und Datengrundlagen dargestellt.

### **7.3.1 Daten zur Gefahrendifferenzierung**

Aus bereits beschriebenen Quellen können die Informationen gewonnen werden, um die Gefahr durch Bombenblindgänger in einem Gebiet, das im Zweiten Weltkrieg Luftangriffen ausgesetzt war, nach Art und räumlicher Ausbreitung zu differenzieren. Dabei werden für das Untersuchungsgebiet anhand der Quellen zunächst bombardierte und nicht bombardierte Bereiche unterschieden. Soweit möglich erfolgt darüber hinaus eine Zuordnung von bestimmten Kampfmitteltypen zu bestimmten Bereichen sowie eine Bestimmung der Intensität der Bombardierungen für die einzelnen Bereiche des Untersuchungsgebietes.

Aus den Quellen, die in Archiven der ehemaligen Alliierten des Zweiten Weltkrieges recherchiert werden können, lassen sich dazu die folgenden Informationen für die Gefährdungseinschätzung gewinnen:

- Anzahl der erfolgten Angriffe mit Beschreibung der Ziele von Angriffen nach Art (militärisch mit Truppengattung, industriell mit Branchenangabe, zivil) sowie allgemeiner räumlicher Einordnung im größeren Zusammenhang. Aus diesen Angaben lassen sich die angegriffenen Ziele und Bereiche in einem Untersuchungsgebiet grob eingrenzen.
- Bei einzelnen Angriffen verwendete (geladene) Bombentypen nach Typ (Art, Kaliber) und Anzahl. Aus diesen Angaben lässt sich mit den allgemeinen Annahmen für Blindgängerquoten grob abschätzen, wie viele Blindgänger zu erwarten sind. Anhand des Typs lässt sich die räumliche Wirkung der Detonation eines Bombenblindgängers unter verschiedenen Rahmenbedingungen einschätzen.
- Aus der Kenntnis über die verwendeten Bombenzünder kann auf das Risiko bzw. die Wahrscheinlichkeit der Detonation von Bombenblindgängern geschlossen werden, da unterschiedliche Zündertypen eine stark unterschiedliche Sensitivität und Neigung zur Selbstdetonation aufweisen.
- In den im Anschluss an die Bombardierungen von den Alliierten erstellten „Bombplots“ wurde erfasst, welche Bombergruppe welche Bereiche eines Zielgebietes tatsächlich bombardiert hat. Mit Hilfe dieser „Bombplots“ kann anhand der zum Angriff gehörigen Ladelisten abgeleitet werden, welche Bomben mit welchen Zündern in dem betroffenen Bereich gefallen sind. Die „Bombplots“ waren großmaßstäbige Skizzen der Abwurfbereiche auf Luftbildern, deren Informationsgehalt in jedem Einzelfall mit Hilfe anderer Quellen, z. B. den Funden in einzelnen Bereichen, abgeglichen werden sollte. In der Regel ist aber aufgrund der Erstellung auf Grundlage von großmaßstäbigen Luftbildern von einer relativ hohen Lagegenauigkeit auszugehen.

Eine besondere Bedeutung kommt der Auswertung von Kriegsluftbildern, insbesondere nach Angriffen zur Schadensbewertung bzw. Erfolgskontrolle angefertigten Aufklärungsaufnahmen aus Quellen der Alliierten zu:

- Aus den Luftbildern, die ein realitätsgetreues Abbild der Situation im Zielgebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt (meist nach einem Angriff oder zwischen zwei Angriffen) darstellen, kann der tatsächlich bombardierte Bereich anhand der Explosionskrater (Bombentrichter) kartiert werden. Anhand von Objekten am Boden können die Bombentrichter mit hohen Lagegenauigkeiten georeferenziert werden.
- Durch Bestimmung der Dichte der Trichter je Fläche in den bombardierten Bereichen kann indirekt auf die Anzahl der Bombenblindgänger und deren Verteilung in diesen Bereichen geschlossen werden. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass in Bereichen mit einer größeren Dichte an Trichtern mehr Bomben gefallen sind und daher auch entsprechend mehr Bombenblindgänger zu erwarten sind. In intensiv bombardierten Bereichen ist eine Identifizierung einzelner Trichter häufig nicht mehr möglich. Für diese Bereiche ist von einer hohen Dichte von Bombentreffern auszugehen. Flächen mit hohem Zerstörungsgrad und/oder einer großen Anzahl von Bombentrichtern sind grundsätzlich als Verdachtsflächen für Bombenblindgänger anzusehen.
- In Luftbildern mit ausreichender Auflösung können neben den durch eine Bombenexplosion entstandenen Bombentrichtern auch die wesentlich kleineren, so genannten Einschlagtrichter, d. h. Stellen an denen eine Bombe eingeschlagen, aber zwischen dem Zeitpunkt des Auftreffens auf dem Boden und der Luftbildaufnahme nicht detoniert ist, identifiziert werden. Diese Einschlagtrichter sind grundsätzlich Verdachtspunkte für Bombenblindgänger. Zu beachten ist, dass Einschlagtrichter in Gebieten mit dichter Bebauung, dichter bzw. hoher Vegetation und in Bereichen mit starken Zerstörungen häufig nicht identifiziert werden können.

Wie bereits beschrieben, sind die aus historischen deutschen Quellen recherchierbaren Informationen zu alliierten Luftangriffen und ihren Folgen in der Regel nur fragmentarisch. Historische deutsche Dokumente können sein:

- Berichte über Luftangriffe von für den Luftschutz auf regionaler und nationaler Ebene zuständigen Stellen während des Zweiten Weltkrieges
- einzelne offizielle Berichte und Zeitzeugenberichte über Räummaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Blindgängerbeseitigung während des Zweiten Weltkrieges und danach
- Zeitzeugenberichte über Verdachtspunkte für Bombenblindgänger
- Berichte aus Firmenarchiven zu Schäden und Produktionsausfällen nach Luftangriffen während des Zweiten Weltkrieges

Die gewinnbaren Informationen dienen aufgrund ihres fragmentarischen Charakters ausschließlich der Ergänzung von Einzelinformationen und vor allem der Verifizierung der historischen Informationen aus alliierten Quellen. So lässt sich anhand der aus deutschen Quellen zu beziehenden Informationen vermutlich in keinem Fall eine umfassende, genaue Kartierung von bombardierten Gebieten durchführen. Wohl aber kann z. B. überprüft werden, ob die Daten für alle Luftangriffe auf ein Ziel bzw. eine Stadt übereinstimmen und damit die Ergebnisse der Recherche in Archiven der Alliierten auf Vollständigkeit geprüft werden.

Dienlicher sind dagegen die aus deutschen Archiven recherchierbaren Informationen zur tatsächlichen historischen Nutzung von Flächen vor dem und während des Zweiten Weltkrieges. Die überlieferten Unterlagen z. B. zur deutschen Kriegswirtschaft sind in vielen Fällen präziser als die Zielbeschreibungen der Alliierten, die in vielen Fällen auf der Luftbildauswertung und mehr oder weniger zuverlässigen Ergebnissen von Spionageaktivitäten oder Aussagen von Kriegsgefangenen beruhten. Daher sollte sich die historische Nutzungsanalyse überwiegend auf Quellen aus deutschen Archiven stützen. Trotzdem sind diese immer mit den Zielbeschreibungen der Alliierten abzugleichen.

Als Quellen für die historische Nutzungsanalyse aus deutschen Archiven kommen insbesondere in Frage:

- Berichte über die deutsche Kriegswirtschaft (z. B. Listen über Rüstungs- und Spezialbetriebe, Produktionsstatistiken, etc.) [OKW 1936; OKW 1941]
- Adress- und Branchenbücher aus der Zeit von 1930 bis 1945
- Historische Stadtpläne aus der Zeit von 1930 bis 1945
- Stadtchroniken
- Listen von Handwerks- und Handelskammern

Die Ergebnisse der Kampfmittelbeseitigung seit dem Zweiten Weltkrieg bis zur Durchführung der Gefährdungsabschätzung dienen dazu, das tatsächliche Blindgängeraufkommen, die Fundsituation und den Zustand aufgefunder Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet einzuschätzen. Die zumindest teilweise vorhandene Ortsreferenzierung der Daten der Kampfmittelbeseitigung (Beräumungsprotokolle) ermöglichen es, Blindgängerfunde mit Ortsreferenz zuzuordnen und anschließend mit den Daten über die Angriffe aus alliierten und deutschen Quellen abzugleichen.

Das räumlich zuzuordnende Fundaufkommen in einem Untersuchungsgebiet dient dabei als raumbezogene Stichprobe der Verdachtsflächen. Diese raumbezogenen Stichproben sind nicht als repräsentative Stichproben anzusehen, wie sie in einschlägigen Regeln für die Kampfmittelbeseitigung gefordert werden [BMVBS et al. 2007], geben aber ähnlich wie die auf einer Kampfmittelverdachtsfläche angelegten und methodisch beräumten Testfelder einen Eindruck von der tatsächlichen Kampfmittelbelastung. Die Erkenntnisse aus diesen „Testflächen“ können – unter Berücksichtigung der tatsächlich bombardierten Flächen (Trichter-dichte, s. o.) und der damaligen Nutzung sowie der geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen – auf Flächen übertragen werden, für die bislang keine Daten aus der Kampfmittelbeseitigung vorliegen. So kann eine grobe Abschätzung des Blindgängerinventars, der zu erwartenden Fundsituationen sowie der Zustände bzw. Bezünderung der Bomben angestellt werden.

In Kombination der historischen Recherche, aus der bekannt ist, welche Kampfmittel wo und in welcher Menge abgeworfen wurden, können Annahmen für die Belastung auf bislang nicht beräumten Flächen getroffen werden, hinsichtlich:

- Blindgängerdichte je Flächeneinheit (Quantität)
- Blindgängerinventar bezogen auf Qualität (Bombentyp, Zündertyp, Zustand)
- Fundsituation der Blindgänger (Tiefe, Inklination, Deklination)
- Trächtigkeit der Verdachtspunkte aus der Luftbildauswertung
- Vorkommen von Blindgängern im Bereich von Altlasten oder anthropogenen Verfüllungen (Verifizierung)

Durch den Abgleich der Informationen aus historischen Recherchen und tatsächlichen Ergebnissen der Kampfmittelbeseitigung in der Vergangenheit lässt sich der abstrakte Verdacht auf Blindgänger, der für Flächen aufgrund einer mehr oder weniger intensiven Bombardierung abgeleitet wird und nicht immer in zuverlässigen Quellen dokumentiert ist, erhärten.

Die Ergebnisse der naturräumlichen Analyse bezüglich der Geologie und der Hydrogeologie ermöglichen die Einteilung des Untersuchungsgebietes in diskrete geologische Einheiten mit unterschiedlichen geologischen bzw. hydrogeologischen Eigenschaften hinsichtlich der anstehenden Sedimente nach Art (rollig / bindig, lockere / feste Lagerung), Schichtenaufbau und Mächtigkeit sowie der Grundwasserleiter (Grundwasserflurabstand, hydraulische Leitfähigkeit, Porosität). Nach dem Zweiten Weltkrieg entstandene geologische Karten weisen ferner häufig Bereiche aus, in denen natürliche Gesteine und Sedimente mit Kriegsschutt überlagert wurden [Bauriegel et al. 2001]. Diese Ablagerungen haben – in Abhängigkeit von der Intensität der Zerstörungen im Zweiten Weltkrieg – Mächtigkeiten bis zu mehreren Metern. Diese Informationen können für die Ableitung folgender Informationen für die Gefährdungsabschätzung verwendet werden:

- In Kombination mit den Informationen aus der Kampfmittelbergung (Bergung von Bombenblindgängern, deren Lage und Orientierung dokumentiert wurde) können die in den diskreten geologischen Einheiten zu erwartenden Eindringtiefen von Bombenblindgängern abgeschätzt werden.



- In Bereichen, in denen Schuttablagerungen dokumentiert sind, ist in der Regel davon auszugehen, dass die Schuttablagerungen aus Kriegsschutt bestehen und erst mit Ende des Zweiten Weltkrieges entstanden sind. Daraus ist abzuleiten, dass zu erwartende Bombenblindgänger in diesen Bereichen ihre typische Eindringtiefe ab der früheren, später überlagerten Geländeoberkante erreichten. Für die absolute Lagetiefe sind in diesen Bereichen Schuttmächtigkeit und typische Eindringtiefe zu addieren.
- Aus der abgeschätzten Eindringtiefe und den Erkenntnissen über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse können darüber hinaus Annahmen hinsichtlich der Ausbreitung der Druckwelle einer Bombendetonation an der Oberfläche und im Untergrund sowie über die Auswurfweite und den Gefährdungsbereich durch Splitter und mineralische Wurfstücke aus dem Auswurftrichter gemacht werden.
- Schuttüberlagerungen sind auch für die Planung und Durchführung von geophysikalischen Untersuchungen zur Suche nach Bombenblindgängern zu berücksichtigen. Insbesondere durch (üblicherweise geringe) Schrottanteile und die physikalischen Eigenschaften der abgelagerten Baurestoffe werden geophysikalische Messverfahren, die auf physikalische Kontraste zwischen gewachsenem Boden und Bombenblindgängern setzen, in ihren Messergebnissen stark beeinträchtigt.

Die aus der Literaturrecherche abzuleitenden Informationen für die Gefährdungsabschätzung konzentrieren sich auf zwei wesentliche Bereiche:

- Abschätzung der maximalen zu erwartenden Wirkweiten bei der Detonation der für das jeweilige Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Bombentypen in Abhängigkeit von der Art (Spreng- oder Splitterbomben), Kaliber (Nettoexplosivstoffmasse) und Überlagerung (Mächtigkeit der „natürlichen“ Erdbedeckung in der jeweiligen Fundsituation). Daraus bestimmen sich auch die bei der Gefährdungsabschätzung zu berücksichtigenden Schutz- und Sicherheitsabstände für die Schutzgüter, d. h. die Abstände, in denen nach menschlichem Ermessen keine Schäden mehr durch eine Detonation zu erwarten sind.

- Die Gefahr der Selbstdetonation von im Untersuchungsgebiet vorkommenden Bombentypen in Kombination mit den verwendeten Zündern sowie mögliche wirkungsinitiierende Faktoren, die bei normalen anthropogenen Aktivitäten auftreten können einschließlich direkter (Stoß, Schlag, Bewegung) und indirekter (Vibration, Erschütterungen) Wirkungen.

### **7.3.2 Differenzierung der Gefahr im Untersuchungsgebiet**

Aus den recherchierten Informationen können die Gefahren durch Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet nicht nur räumlich, sondern auch qualitativ (Gefahrenintensität) differenziert werden. Grundlage hierfür ist die Klassifizierung des im Untersuchungsgebiet festgestellten Gefahrenspektrums.

Prinzipiell ist die Gefahr in Bereichen mit der höchsten vermuteten Blindgängerdichte (höchste Trichterichte) und dem größten Vorkommen von als am gefährlichsten eingestuften Kombinationen aus Bomben und Zündern (speziell chemische Langzeitzünder) als am höchsten anzusehen. Bereiche, in denen auf Grundlage der Recherchen kein Verdacht auf Bombenblindgänger besteht, sind als am wenigsten gefährlich bzw. nicht gefährdet anzusehen. Zwischen der höchsten und der geringsten Gefahrenklasse sind weitere, zweckmäßige Abstufungen abzuleiten, soweit die Informationslage dies erlaubt. Die unterschiedlichen Gefahrenklassen leiten sich dann aus den möglichen Wirkungsbereichen von Bombenblindgängern unterschiedlicher Kaliber ab. Abgeworfen wurden bei Bombenangriffen im Zweiten Weltkrieg Bomben mit Kalibern zwischen 50 kg und bis zu 2.000 kg, die bei einer Detonation unterschiedlich große Wirkungsbereiche haben. Aus diesen Wirkungsbereichen resultieren entsprechend unterschiedliche Gefahrenbereiche. Eine Differenzierung der Gefahrenbereiche von Spreng- und Splitterbomben ist in der Regel nicht sinnvoll und möglich, weil bei Bombenblindgängern einerseits immer mit schweren Wurfstücken aus den Explosionstrichter zu rechnen ist und andererseits die Abwurfbereiche von Spreng- und Splitterbomben meist nicht differenziert werden können. Dagegen lassen sich bei Verfügbarkeit der Ladelisten und der „Bombplots“ die Bereiche, in denen Bomben mit unterschiedlichen Zündern abgeworfen wurden, meist differenzieren. Die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Blindgängern und deren Häufigkeit stellt ein

weiteres Kriterium zur Definition von Gefahrenbereichen dar. So ist aus höheren Trichterdichten, die aus Luftbildern erfasst werden, eine höhere Blindgängerdichte und damit eine höhere Gefahr abzuleiten. Im Umkehrschluss sind in Bereichen mit geringeren Trichterdichten geringere Blindgängerdichten und damit auch geringere Gefahren zu erwarten.

Sofern für das Untersuchungsgebiet oder Teile davon konkrete Verdachtspunkte für Bombenblindgänger vorliegen, z. B. aufgrund von flächendeckend durchgeführter Luftbildauswertungen, gehen diese in die Differenzierung der Gefahren entsprechend ein. Anhand der definierten Gefahrenklassen können im Untersuchungsgebiet Bereiche unterschiedlicher Gefahreigenschaften bzw. Gefahrenintensitäten ausgewiesen werden. Dabei orientiert sich die Festlegung der Eigenschaften der Gefahrenbereiche an der Gesamtheit des Gefahrenspektrums im Untersuchungsgebiet. Um eine Vergleichbarkeit zwischen mehreren Untersuchungsgebieten, z. B. in einem Bundesland, zu gewährleisten, ist es erforderlich, bei der Festlegung der Gefahrenklassen das gesamte vorhandene Gefahrenspektrum aller einzelnen Untersuchungsgebiete zu berücksichtigen. Tabelle 8 zeigt das entwickelte Prinzip der Klassifizierung der Gefahren anhand der Gefahrenintensitäten auf Grundlage der recherchierten Informationen. Die Anzahl der differenzierten Gefahrenklassen hängt von den zur Verfügung stehenden Informationen nach Qualität und Quantität ab.

*Tabelle 8: Gefahrenklassen der Gefahren durch blindgegangene Bomben und ihre Abstufungen*

	<b>Gefahrenklasse (Kennwert)</b>	<b>Differenzierbare Gefahrenintensität</b> aufgrund von Verdacht auf Bombenblindgänger nach Qualität (Kaliber, Bezünderung) und Quantität (zu erwartende Blindgängerdichte)
<b>Gefahrenspektrum</b>	$X_n$	am größten
	$X_{n-1}$	(Zwischenstufen)
	$X_{...}$	
	$X_1$	am geringsten
	0	Keine Gefahr, da kein Verdacht auf blindgegangene Abwurfmunition (keine Trichter)

Einschränkungen hinsichtlich der Auflösung und der räumlichen Differenzierbarkeit der Gefahren ergeben sich, wenn für einen oder mehrere Luftangriffe auf das Untersuchungsgebiet keine Luftbildaufnahmen verfügbar sind, weil die Gefahrenklassifizierung neben historischen Dokumenten maßgeblich auf die Kartierung von Trichterichten und Zerstörungen nach den Angriffen gestützt ist. Für Luftangriffe, für die keine Luftbilder vorliegen, kann in der Regel recherchiert werden, welche Kampfmittel abgeworfen wurden und welche Bereiche des Untersuchungsgebietes betroffen waren. In solchen Fällen ist der Gefahrenbereich der am größten zu erwartenden Gefahr (größtes, gefährlichstes eingesetztes Kampfmittel) zuzuordnen und so großzügig zu dimensionieren, dass alle bombardierten Bereiche des Untersuchungsgebietes sicher mit erfasst werden. Dadurch entsteht im Einzelfall eine Unschärfe hinsichtlich der räumlichen Differenzierung und Bewertung der Gefahrenlage, die aber aufgrund der Datenlage nicht vermeidbar ist. Abhilfe können teilweise Luftbilder schaffen, die nach dem letzten Angriff auf ein Gebiet aufgenommen wurden, und es so ermöglichen, ein Gesamtschadensbild zu erfassen. In keinem Fall ist dann aber die Zuordnung von Trichtern zu bestimmten Angriffen bzw. die vollständige Kartierung der Trichterichten aufgrund von Überlagerungen von Trichtern und Zerstörungen möglich.

Durch den räumlichen Bezug der Informationen können die Gefahrenbereiche für das jeweilige Untersuchungsgebiet im nächsten Schritt differenziert kartiert werden.

### **7.3.3 Daten und Differenzierung der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet**

Analog der Gefahrendifferenzierung erfolgt die qualitative und räumliche Differenzierung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Schutzgüter entsprechend ihrer Schutzwürdigkeit.

Die Schutzwürdigkeit wird dabei nach Polizei- und Ordnungsrecht in erster Linie am Schutzgut menschliches Leben und Gesundheit festgemacht. Hierbei werden zwei Kriterien als Anhaltspunkte für die Differenzierung der Schutzgutklassen angesetzt:

- sensible Nutzungen, d. h. Einrichtungen, in denen sich besonders schutzbedürftige Personengruppen aufhalten (z. B. Krankenhäuser, Senioren-

wohnheime, Kindergärten, Schulen)

- Personendichten, d. h. die Anzahl der sich in einem diskreten Bereich höchstens aufhaltenden Personen

Neben dem Schutzgut menschliches Leben und Gesundheit werden bei der Schutzgutklassifizierung auch hochwertige Sachgüter berücksichtigt. Diese schließen in der Regel ein:

- wichtige Einrichtungen zur Versorgung der Bevölkerung (z. B. Wasserwerke, Einrichtungen der Gas- und Elektrizitätsversorgung, wichtige Verkehrsinfrastruktur, Polizei- und Feuerwachen, etc.)
- hochwertige Kulturgüter
- hochwertige Wirtschaftsgüter

Besondere Berücksichtigung erfahren bei der Schutzgutklassifizierung darüber hinaus Einrichtungen, die eine Gefahrenhöhung im Falle einer Bombendetonation darstellen können. Hierzu gehören Tankstellen, Gasverteilerstationen und große Gasleitungen sowie Anlagen, in denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird.

Grundlage für die Klassifizierung der Schutzgüter in einem Untersuchungsgebiet ist die Nutzungsanalyse bzw. -kartierung. Anhand der Nutzungsanalyse wird das Untersuchungsgebiet entsprechend der aus den Nutzung abzuleitenden Personendichten und besonders schutzwürdigen Objekte qualitativ und räumlich differenziert.

Zur Beschreibung der räumlichen Verteilung und Bewertung der Schutzgüter müssen die vorhandenen Schutzgüter kartiert und bewertet werden. Dabei werden die folgenden Nutzungsstrukturen bzw. -arten und schutzwürdigen Objekte separat erfasst:

- Nutzungsstrukturen bzw. -arten
  - öffentliche Plätze und Gebäude
  - Infrastruktur (Bahnhof, Hauptstraßen, Fußgängerzonen, Versorgungsmedien etc.)
  - Gewerbeflächen (Bürogebäude oder Werkstätten bzw. Produktion u. a.)
  - Wohnbebauung (Mehrfamilienhäuser, Einfamilienhäuser)
  - Frei- und Brachflächen, landwirtschaftlich genutzte oder Forstflächen und

## Wasserflächen

- Schutzwürdige Objekte
  - Polizei- und Feuerwachen
  - Krankenhäuser
  - Seniorenheime, Kindergärten, Schulen
  - Wasserwerke, Gasverteilerstationen
  - Tankstellen u. a. Objekte mit Potenzial zur besonderen Gefahrenerhöhung

Analog der Ableitung der Gefahrenklassen ist bei der Ableitung der Schutzgutklassen das gesamte Spektrum der vorhandenen Schutzgüter im Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen. Tabelle 9 zeigt das Prinzip der Klassifizierung der Schutzgüter anhand der Schutzwürdigkeit auf Grundlage der Nutzungsanalyse.

*Tabelle 9: Schutzgutklassen der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Schutzgüter und ihre Abstufungen*

	<b>Schutzgutklasse (Kennwert)</b>	<b>Differenzierbare Schutzwürdigkeit</b> aufgrund der vorhandenen Personengruppe, Personendichte und Schutzobjekten
<b>Schutzgüter</b>	$y_n$	am höchsten
	$y_{n-1}$	(Zwischenstufen)
	$y_{...}$	
	$y_1$	am geringsten
	0	vernachlässigbar, da sich Personen nur selten und unsystematisch in diesem Bereich aufhalten

Durch die Nutzungsanalyse werden die Schutzgüter einerseits generalisiert, andererseits werden aber auch singuläre Ereignisse, bei denen viele Personen an bestimmten Stellen im Untersuchungsgebiet zusammen kommen können, nicht mit erfasst. Daher ist nach Abschluss der Gefährdungsabschätzung für solche Ereignisse anhand der Gefahrenkartierung durch die verantwortlichen Stellen im Einzelfall eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen.

## **7.4 Methodik zur systematischen Gefährdungsabschätzung in Bezug auf blind-gegangene Bomben**

Auf Grundlage der Klassifizierung der Gefahren und Schutzgüter im Untersuchungsgebiet kann dieses in räumlich und qualitativ differenzierte Gefahrenbereiche und Schutzgutbereiche unterteilt werden. Dies erfolgt in Form von getrennten Kartierungen für die Schutzgüter und die Gefahren. Diese Kartierungen müssen das Untersuchungsgebiet jeweils vollständig abdecken, d. h. allen räumlichen Untereinheiten des Untersuchungsgebietes ist eine Schutzgut- und eine Gefahrenklasse zuzuordnen. Durch die gemeinsame Betrachtung der Schutzgutverteilung und der Gefahrenverteilung im Untersuchungsgebiet ist eine qualifizierte Gefährdungsabschätzung möglich. Werkzeug für die Durchführung der Gefährdungsabschätzung ist dabei ein GIS.

### **7.4.1 Grundlage zur systematischen Bewertung – GIS**

Die Auswertung der bereits beschriebenen und im Rahmen einer Untersuchung recherchierten Informationen erfolgt mittels eines geografischen Informationssystems (GIS). In diesem GIS werden alle im Untersuchungsgebiet räumlich zuzuordnenden Informationen kartiert, mit Hilfe von Attributen systematisiert und klassifiziert und hinsichtlich der aus der Synopse aller Informationen abzuleitenden Gefährdungsabschätzung ausgewertet.

Mit einem GIS lassen sich raumbezogene Informationen erfassen, verarbeiten, analysieren, visualisieren und dokumentieren. GIS-Software verbindet Werkzeuge der Kartographie und der Bildverarbeitung (insbesondere für Fernerkundungsdaten) mit Datenbanken. Einzelnen Objekten, die in Form von Punkten, Polylinien und Polygonen digital kartiert und damit als Vektordaten in einem Lagesystem referenziert werden, können in der dazugehörigen Datenbank so genannte Attribute zugeordnet werden, welche verschiedenste Eigenschaften dieser räumlichen Objekte beschreiben. Durch Vergleich, Überlagerung, Verschneidung und Zusammenfassung von Einzelinformationen sowie Berechnung und Interpolation von flächenbezogenen

Kennwerten erfolgt nach der Erfassung die Verarbeitung und Analyse der im GIS erfassten Daten.

GIS werden inzwischen bei dem Großteil der staatlichen Einrichtungen zur Verwaltung von raumbezogenen Daten eingesetzt. Neben der Erhebung, Kalkulation und Dokumentation von räumlichen Daten können diese behördenübergreifend ausgetauscht werden. Datenbanken und webbasierte GIS-Anwendungen ermöglichen den netzwerkgestützten Zugriff auf GIS-Daten.

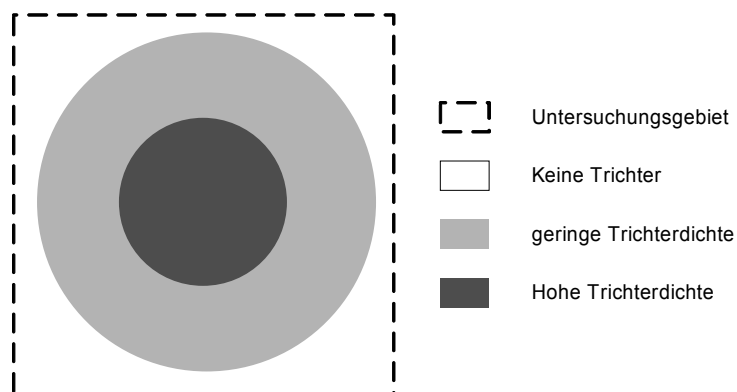
GIS wurden im Rahmen von Untersuchungen und Beurteilungen von Kampfmittelbelastungen bereits bei der Gefährdungsabschätzung von den ehemaligen Truppenübungsplätzen Döberitzer Heide im Land Brandenburg und der Königsbrücker Heide im Freistaat Sachsen angewendet [Spyra 2004; Spyra 2005].

#### **7.4.2 Kartierung der Gefahren**

Zur flächenhaften Differenzierung der Gefahr im gesamten Untersuchungsgebiet werden alle gefahrenrelevanten Informationen im GIS kartiert. Dazu gehören beispielsweise:

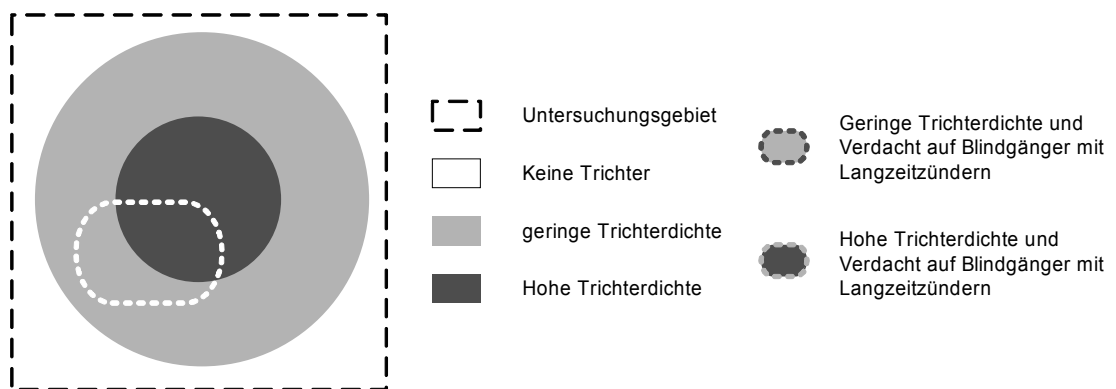
- Kartierung der Trichter aus dem Luftbild zur Interpolation und flächendeckenden Kartierung der Trichterdichte
- Kartierung der Verdachtspunkte für Bombenblindgänger aus dem Luftbild zur Interpolation und flächendeckenden Kartierung der Verdachtspunktdichte
- Kartierung der Zerstörungen bzw. der Bereiche, in denen Trichter und Verdachtspunkte z. B. aufgrund umfassender Zerstörungen nicht mehr eindeutig differenzierbar sind (Verdachtsflächen)
- bei Existenz von „Bombplots“ und bekannter Beladung der Bombergruppen Kartierung der dokumentierten Trefferbereiche und damit Kartierung der in diesen Bereichen zu erwartenden Bomben- und Zündertypen
- Kartierung der Orte der bisherigen Kampfmittelfunde, um die Übereinstimmung mit den „Bombplots“ und der Trichterdichte festzustellen und gegebenenfalls Bereiche auszuweisen, in denen die verfügbaren Luftbildaufnahmen keine Bombenblindgänger erwarten lassen, diese aber gefunden werden.





*Abbildung 14: Modellhafte Kartierung einer räumlichen Verteilung der Trichterichte in einem Untersuchungsgebiet*

In Abbildung 14 ist exemplarisch die Kartierung der räumlichen Verteilung einer Trichterichte modellhaft dargestellt. In der Regel sind die Trichterichten im Zielgebiet am höchsten und nehmen mit zunehmender Entfernung vom Angriffsziel ab. In der Praxis ist die Verteilung der Trichterichte nicht symmetrisch. In Abbildung 15 ist neben der Kartierung einer räumlichen Verteilung der Trichterichte ein kartierter Bereich, in dem der Verdacht auf Blindgänger mit LZZ besteht, dargestellt. Diese Verdachtsbereiche können in Dokumentationen der Luftangriffe recherchiert werden. Demzufolge stellt Abbildung 15 die Kartierung der Erkenntnisse aus der Auswertung historischer Luftbilder (Bombentrichter) und Unterlagen der Alliierten zur Dokumentation der Angriffe („Bombplot“ mit eingezeichneten Trefferbereichen der Bombergruppen sowie Ladelisten der Bombergruppen) dar. Anhand dieser kann der Verdacht und die zu schlussfolgernde Gefahr durch blindgegangene Bomben in einem Untersuchungsgebiet kartiert werden.



*Abbildung 15: Modellhafte Kartierung einer räumlichen Verteilung der Trichterdichte mit eingezeichnetem Verdachtsgebiet für Blindgänger mit Langzeitzündern in einem Untersuchungsgebiet*

Zur Verifizierung und ergänzenden Abschätzung der Gefahren müssen bzw. können weitere Informationen herangezogen werden. Dabei handelt es sich um Daten, die entweder nicht flächendeckend gültig oder nicht georeferenziert (d. h. einem bestimmten Ort zuzuordnen) sind und die daher nicht in die systematische, flächendeckende und objektive Bewertung einbezogen werden können. Allerdings können diese Daten zur Verifizierung der erstellten Gefahrenkarte, die eine Verdachtskarte für Gefahren durch Blindgänger darstellt, verwendet werden.

Auf Grundlage der vorher definierten Gefahrenklassen wird im nächsten Schritt die Differenzierung der Flächeneinheiten nach Gefahren vorgenommen. Das geschieht einerseits durch Verschneidung der Flächen, welche entsprechende Eigenschaften erfüllen, und andererseits durch Kombination entsprechender Flächen. In Abbildung 16 ist beispielhaft die Zuweisung der Gefahrenklassen aufgrund der kartierten Gefahren dargestellt. Bei der Verschneidung werden die Schnittmengen unterschiedlicher Gefahren, z. B. den getrennten Kartierungen der Trichterdichte und der Zünderarten, gebildet. Aus dieser Verschneidung werden z. B. Schnittmengen der Bereiche mit der höchsten Trichterdichte und Verdacht auf chemische Langzeitzündern als räumliche Einheit in die höchste Gefahrenklasse eingestuft, während z. B. Bereiche mit geringer Trichterdichte bzw. ohne Trichter und ohne Verdacht auf gefährliche Zünder in niedrige Gefahrenklassen eingeordnet werden (vgl. Ab-

bildung 16). So wird die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes den zuvor definierten Gefahrenklassen zugeordnet. Im Ergebnis erhält man eine flächendeckende Gefahrenkarte in Bezug auf die erwarteten Bombenblindgänger.

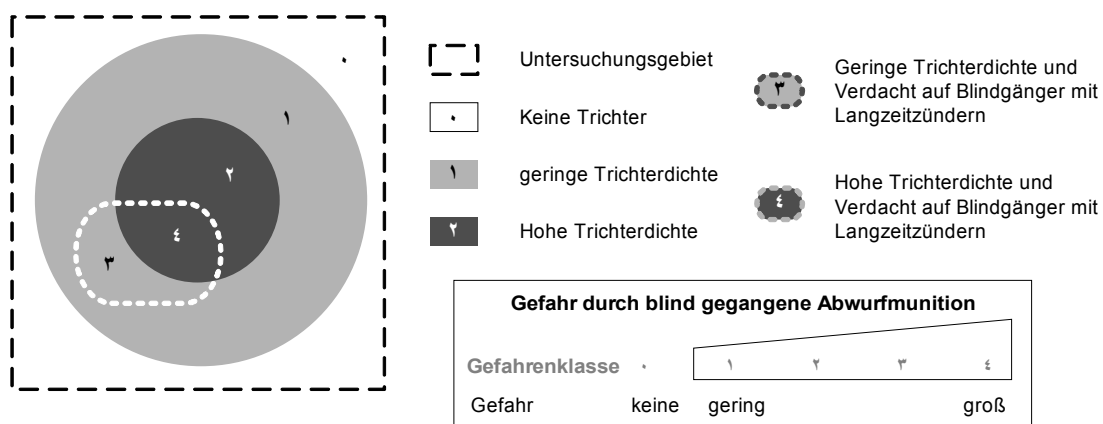


Abbildung 16: Modellhafte Kartierung der Gefahrenklassen auf der Grundlage der räumlichen Verteilung der Trichterichte und der Verdachtsbereiche für Blindgänger mit Langzeitzündern in einem Untersuchungsgebiet

Als Zusatzinformationen werden die Ergebnisse der Kampfmittelbeseitigung in Kombination mit den Erkenntnissen aus der naturräumlichen Analyse bezüglich der Geologie und Hydrogeologie im Untersuchungsgebiet ausgewertet. Hierbei werden insbesondere Korrelationen zwischen Ablagetiefen von Bombenblindgängern und der umgebenden Geologie sowie die Ausbildung von Auswurftrichtern aufgrund der Ablagetiefe und der Ausbreitung der Druckwelle über den Grundwasserpfad bei Explosionen als Gefahrenwirkungspfade erfasst. Sofern entsprechende Korrelationen zwischen Ablagetiefen und Geologie bestehen, können diese auf andere Blindgänger in den entsprechenden geologischen Einheiten übertragen werden. Daraus kann dann z. B. der Wirkungsbereich für Bombenblindgänger in unterschiedlichen geologischen Einheiten und damit der Gefahrenbereich einzelner Bombenblindgänger-Verdachtsgebiete differenziert werden. Als Zusatzinformation ist es möglich, aus den Trichterichten sowie der Anzahl der bereits beräumten Bombenblindgänger bezogen auf die Fläche, Abschätzungen des Gesamtaufkommens anzustellen.

### 7.4.3 Kartierung der Schutzgüter

Analog zur Gefahrenkartierung erfolgt die Kartierung der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet. Dazu werden alle Nutzungsstrukturen und die schützenswerten Objekte im GIS kartiert. Die Nutzungsstrukturen werden dabei überwiegend aus Luftbildern und digitalen Kartenwerken kartiert. Im Zuge der Kartierung werden die Nutzungsarten den entsprechenden Schutzgutklassen zugewiesen. Die flächige Kartierung wird durch diskrete schützenswerte Objekte ergänzt, die im Rahmen der Recherche gezielt abgefragt wurden. Dadurch entsteht ein vollständiges Abbild des Untersuchungsgebietes nach Schutzgutklassen. In der Abbildung 17 ist die Differenzierung der Schutzgüter in einem Untersuchungsgebiet modellhaft dargestellt. Die Flächennutzungsformen wurden exemplarisch in Schutzgutklassen eingeteilt. Dabei entspricht die Schutzgutklasse 4 der schutzwürdigsten Kategorie, während die Schutzgutklasse 1 die geringste Schutzwürdigkeit aufweist. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die Klassifizierung hier exemplarisch vorgenommen wurde, für konkrete Untersuchungsgebiete ist die Klassifizierung einzelfallbezogen, am Schutzgutspektrum orientiert, vorzunehmen.

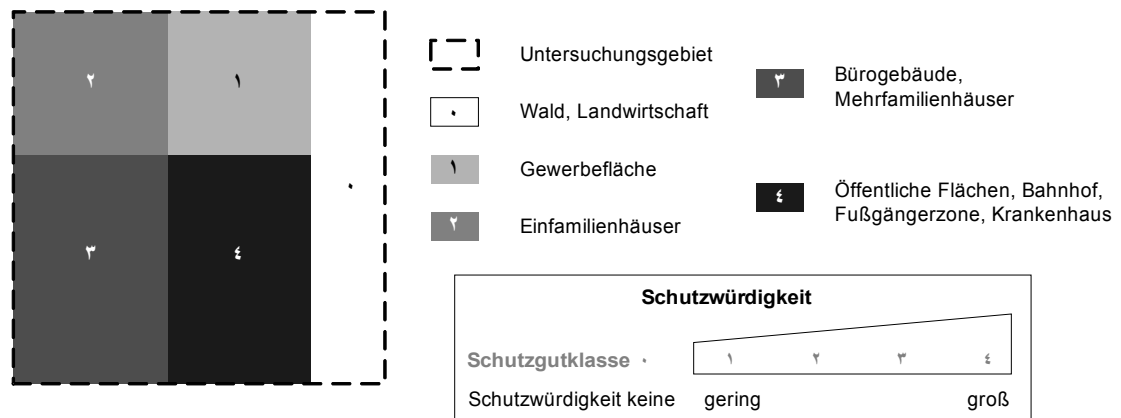


Abbildung 17: Modellhafte Kartierung der Schutzgutklassen auf der Grundlage der räumlichen Verteilung der Nutzung

Um den effektiven Schutz der Schutzgüter gegenüber der möglichen Wirkung von Kampfmitteln in Belastungsgebieten in der Bewertung zu gewährleisten, werden die kartierten und klassifizierten Schutzgüter im nächsten Schritt mit einem sie umgebenden Sicherheitsbereich gepuffert. Dieser Puffer repräsentiert den für die im Untersuchungsgebiet in ihren üblichen Fundsituationen anzutreffenden Kampfmittel erforderlichen Schutz- und Sicherheitsabstand. Dieser muss grundsätzlich im Einzelfall festgelegt werden. Hauptkriterium bei der Festlegung der Pufferbreite ist die Wirkweite der im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Kampfmittel. Bei der Festlegung muss immer das gefährlichste Kampfmittel zugrunde gelegt werden. Gegebenenfalls, wenn für unterschiedliche Bereiche des Untersuchungsgebietes unterschiedliche Kampfmittel nachgewiesen worden sind, können in diesen Bereichen unterschiedliche Pufferbreiten verwendet werden.

Die Pufferung in der digitalen Karte der Schutzgüter erfolgt schrittweise vom höchsten zum niedrigsten Schutzgut. Zuerst werden die Schutzgüter der höchsten Schutzgutklasse mit dem Puffer versehen. Alle Schutzgüter niedrigerer Klassen in diesem Pufferbereich werden dabei der höchsten Schutzgutklasse zugeordnet. Im zweiten Schritt erfolgt die Pufferung des Schutzgutes der zweit höchsten Schutzgutklasse. Dabei werden alle Schutzgüter niedrigerer Klassen dieser Schutzgutklasse zugeordnet; alle Bereiche, die im ersten Schritt der höchsten Schutzgutklasse zugeordnet wurden, bleiben unverändert. Der Prozess der Schutzgutpufferung wird so bis zur letzten Schutzgutklasse durchgeführt.

In Abbildung 18 ist die Vorgehensweise zur Pufferung der Schutzgutklassen aus Abbildung 17 dargestellt. Der Pufferradius muss dabei im Einzelfall festgelegt werden. Zuerst wird die höchste Schutzgutklasse (hier 4) gepuffert, danach die Schutzgutklasse 3 usw. Die Pufferung findet dabei nur in Richtung der weniger schutzwürdigen Schutzgutklassen statt. In Abbildung 19 ist das Ergebnis der Pufferung dargestellt. Die erstellte Schutzgutkarte ist Grundlage zur systematischen Bewertung der Gefahr durch blindgegangene Bomben in einem Untersuchungsgebiet.

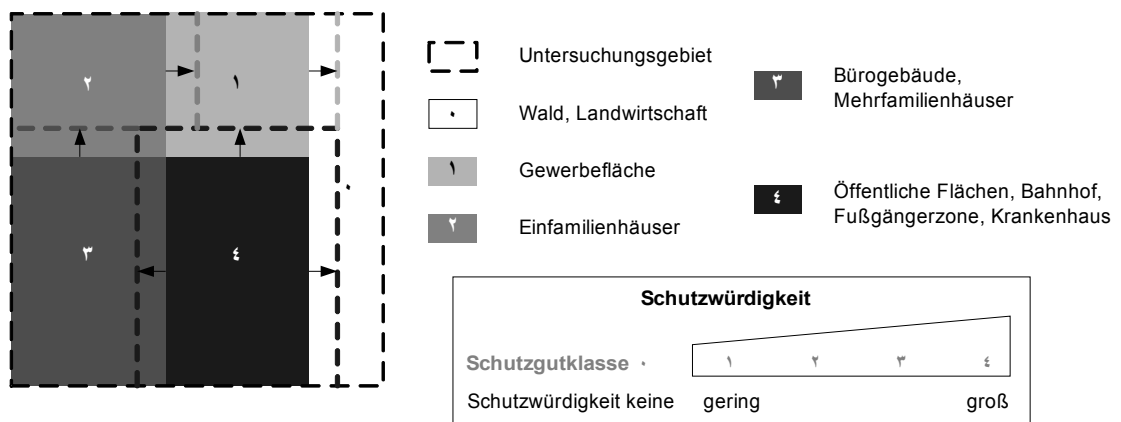


Abbildung 18: Vorgehensweise zur Pufferung der Schutzgutklassen

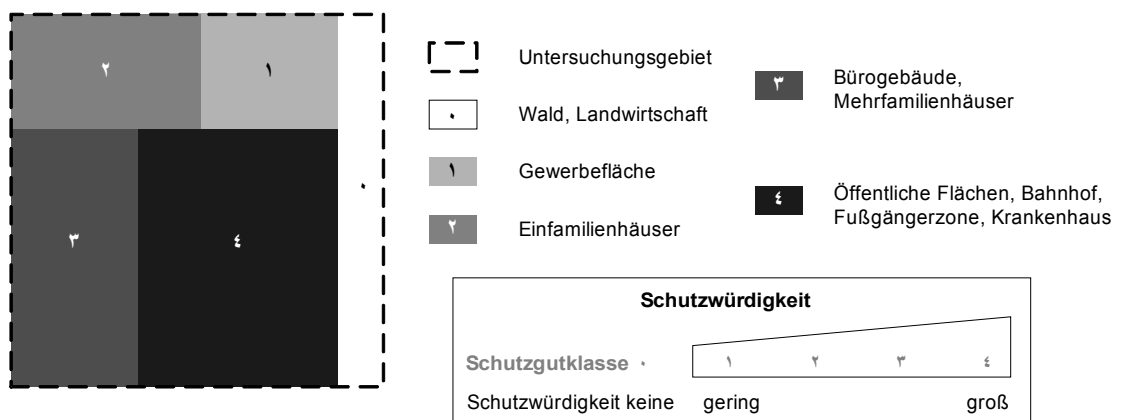


Abbildung 19: Ergebnis der Pufferung der Schutzgutklassen

#### **7.4.4 Methode zur systematischen Bewertung der Gefährdung (Gefährdungsabschätzung)**

Grundlage für die Gefährdungsabschätzung ist die systematische Bewertung und Differenzierung der Gefahren und Schutzgüter im Untersuchungsgebiet. Die Gefährdung resultiert aus der Exposition der Schutzgüter gegenüber den Gefahren. Dabei ist eine differenzierte qualitative und quantitative Betrachtung erforderlich, welche Gefahr auf welches Schutzgut wirkt. Dies erfolgt durch die im Rahmen der Kartierung vorgenommenen räumliche und qualitative Differenzierung der Gefahren und Schutzgüter im Untersuchungsgebiet. Die qualitative Differenzierung der Klassen wurde durch die Vergabe von Ziffern (0 – 4) vorgenommen, die höchste Zahl zeichnet dabei die größte Gefahr bzw. das höchste Schutzgut aus. Die Ziffern können im Folgenden als Kennwerte zur qualitativen Beschreibung der Gefahren- und Schutzgutklassen genutzt werden.

Grundprinzip der Bewertung ist die Kombination bzw. Verschneidung der flächendeckenden Gefahrenklassen und Schutzgutklassen aus den entsprechenden Kartierungen, wobei die Gefahren- und Schutzgutklassen Schnittmengen bilden. Dabei gilt grundsätzlich, dass die höchste Gefährdung dort besteht, wo die höchste Gefahrenklasse Schnittmengen mit der höchsten Schutzgutklasse bildet. Im Umkehrschluss besteht die geringste Gefährdung dort, wo die niedrigste Gefahrenklasse Schnittmengen mit der niedrigsten Schutzgutklasse aufweist. Alle anderen Schnittmengen stellen Bereiche dar, in denen die Gefährdung zwischen diesen beiden Extremen liegt. Durch die Betrachtung des gesamten Untersuchungsgebietes wird so flächendeckend die Schutzgutexposition gegenüber den Gefahren und damit die Gefährdung bestimmt.

Für die Bewertung der Gefährdung durch Abwurfmunition ist eine systematische Bewertungsvorschrift erforderlich, die objektive und reproduzierbare Ergebnisse für das gesamte Untersuchungsgebiet liefert und auch auf andere Untersuchungsgebiete übertragbar ist. Zu diesem Zweck wurde eine Gefahren-Wirkungs-Matrix entwickelt (siehe Tabelle 10), die alle Schutzgutklassen mit allen Gefahrenklassen anhand eines mathematisch beschriebenen Bewertungsalgorithmus kombiniert.

Die Gefahren-Wirkungs-Matrix beruht auf folgender Berechnungsformel für die Gefährdung:

$$z(x_i, y_j) = (x_i \times y_j) + x_i + y_j \quad (\text{für } x_i > 0) \quad [1]$$

$z(x_i, y_j)$  – Gefährdung in der Schnittmenge von Gefahrenklasse i u. Schutzgutklasse j

$x_i$  – Gefährdungsklasse i

$y_j$  – Schutzklasse j

Diese Berechnungsformel stellt eine systematische und objektive Bewertung aller möglichen Kombinationen von Gefahrenklassen und Schutzgutklassen sicher. Das bedeutet, dass zum Beispiel die Gefährdung in der Schnittmenge der Gefahrenklasse  $x_n$  mit der Schutzgutklasse  $y_{n-1}$  genauso bewertet wird wie die Gefährdung in der Schnittmenge der Gefahrenklasse  $x_{n-1}$  mit der Schutzgutklasse  $y_n$ .

Zur Bewertung der tatsächlichen Gefährdung an jedem Ort im Untersuchungsgebiet werden die den Gefahrenklassen zugeordneten Kennwerte (entsprechend den Nummern der Klassen) mit den Kennwerten der jeweils geschnittenen Schutzgutklassen multipliziert. Anschließend werden die Kennwerte für die Gefahrenklasse und die Schutzgutklasse addiert. Aus dieser Berechnung erhält man für jede mögliche Kombination von Gefahren- und Schutzgutklasse einen Wert, der die Gefährdung in einem bestimmten Bereich im Untersuchungsgebiet repräsentiert. Dabei erfolgt die Berechnung nur für Bereiche, in denen tatsächlich eine Gefahr existiert, da ohne das Vorhandensein einer Gefahr die Gefährdung laut Definition gleich Null sein muss.



Tabelle 10: Gefahren-Wirkungs-Matrix (Matrix zur Bewertung der Gefährdung)

GEFAHREN- WIRKUNGS- MATRIX		SCHUTZGÜTER				
		$y_n$	$y_{n-1}$	$y_{...}$	$y_1$	$0$
GEFAHRENQUELLE	$x_n$	$(x_n \times y_n)$ $+x_n+y_n$	$(x_n \times y_{n-1})$ $+x_n+y_{n-1}$	$(x_n \times y_{...})$ $+x_n+y_{...}$	$(x_n \times y_1)$ $+x_n+y_1$	$x_n$
	$x_{n-1}$	$(x_{n-1} \times y_n)$ $+x_{n-1}+y_n$	$(x_{n-1} \times y_{n-1})$ $+x_{n-1}+y_{n-1}$	$(x_{n-1} \times y_{...})$ $+x_{n-1}+y_{...}$	$(x_{n-1} \times y_1)$ $+x_{n-1}+y_1$	$x_{n-1}$
	$x_{...}$	$(x_{...} \times y_n)$ $+x_{...}+y_n$	$(x_{...} \times y_{n-1})$ $+x_{...}+y_{n-1}$	$(x_{...} \times y_{...})$ $+x_{...}+y_{...}$	$(x_{...} \times y_1)$ $+x_{...}+y_1$	$x_{...}$
	$x_1$	$(x_1 \times y_n)$ $+x_1+y_n$	$(x_1 \times y_{n-1})$ $+x_1+y_{n-1}$	$(x_1 \times y_{...})$ $+x_1+y_{...}$	$(x_1 \times y_1)$ $+x_1+y_1$	$x_1$
	$0$	--*	--*	--*	--*	--*
*) Berechnung nur für $x > 0$ , da in Bereichen ohne Gefahr keine Gefährdung						

Die Berechnungsgrundlage der Gefahren-Wirkungs-Matrix kann im GIS auf Untersuchungsgebiete mit komplexen, durch Polygone, Polylinien und Punkte beschriebenen Gefahrenbereiche und Schutzgutbereiche angewendet werden. Im Ergebnis der Anwendung der hier beschriebenen Gefahren-Wirkungs-Matrix im GIS entstehen aus den Schnittmengen von Gefahren- und Schutzgutklassen neue Polygone mit einem Kennwert, der die Gefährdung im jeweiligen Polygon beschreibt. Dabei gilt, dass die Gefährdung im Polygon um so höher ist, je höher der Kennwert ist. Dadurch wird das gesamte Untersuchungsgebiet in Gefährdungsklassen differenziert. Die Anzahl der Gefährdungsklassen resultiert aus der Anzahl der Gefahren- und Schutzgutklassen. Je differenzierter die Gefahren- und Schutzgutklassifizierung ist, desto höher ist die Anzahl der sich ergebenden Gefährdungsklassen. Eine hohe Anzahl von Gefährdungsklassen ist im Hinblick auf die möglichst detaillierte räumliche Differenzierung der Gefährdung und die Priorisierung von Maßnahmen

wünschenswert.

In Tabelle 11 ist die Anwendung der Gefahren-Wirkungs-Matrix für jeweils fünf Gefahren- und Schutzgutklassen in einem Untersuchungsgebiet dargestellt. Bereits bei den zuvor beschriebenen Kartierungen der Gefahren und der Schutzgüter auf den Seiten 111 und 115 wurden exemplarisch Gefahren- und Schutzgutkartierungen mit jeweils fünf Klassen vorgenommen. Zur Bewertung der abzuleitenden Gefährdung durch Bombenblindgänger kann die folgende Gefahren-Wirkungs-Matrix dienen. Den fünf Klassen der Gefahren und Schutzgüter wurden durch die Nummerierung Kennwerte zugeteilt, die sich als  $x_n$  für die Gefahren in der Vertikalen und als  $y_n$  in der Horizontalen der Matrix wiederfinden. Durch die Berechnung des Kennwerts der Gefährdung mittels der oben genannten Formel auf Basis der Kennwerte der sich überlagernden Gefahren- und Schutzgutklasse erfolgt die Bewertung der Gefährdung. Beispielsweise erhält man für die Schnittmenge der Fläche, in der die größte Gefahr (Kennwert  $x = 4$ ) auf das höchste Schutzgut (Kennwert  $y = 4$ ) trifft, durch Multiplikation dieser und anschließender Addition beider Kennwerte einen Kennwert für die Gefährdung von 24. Entsprechend der Gefahren-Wirkungs-Matrix gibt es für keinen Bereich im Untersuchungsgebiet einen höheren Kennwert der Gefährdung, das heißt im Bereich mit dem Kennwert 24 liegt die größte Gefährdung durch blindgegangene Bomben vor. Die nachgeordneten Bereiche geringerer Gefährdung werden entsprechend kalkuliert.

*Tabelle 11: Beispiel zur Anwendung der Matrix zur Bewertung der Gefahren durch blindgegangene Abwurfmunition in einem Untersuchungsgebiet mit fünf Gefahren- und fünf Schutzgutklassen*

GEFAHREN- WIRKUNGS-MATRIX		SCHUTZGÜTER				
		$y_n = 4$	$y_{n-1} = 3$	$y_{n-2} = 2$	$y_{n-3} = 1$	0
GEFAHRENQUELLE	$x_n = 4$	24	19	14	9	4
	$x_{n-1} = 3$	19	15	11	7	3
	$x_{n-2} = 2$	14	11	8	5	2
	$x_{n-3} = 1$	9	7	5	3	1
	0	--*	--*	--*	--*	--*
* Berechnung nur für $x > 0$ , da in Bereichen ohne Gefahr keine Gefährdung						

In Abbildung 20 ist die Bewertung der Gefährdung eines Untersuchungsgebietes anhand der Gefahren-Wirkungs-Matrix visualisiert. Als Grundlage dienen hier ebenfalls die exemplarischen Kartierungen der Gefahren und Schutzgüter auf den Seiten 111 und 115. In der Abbildung wird deutlich, wie die Polygone der Gefahrenkarte (oder -klassifizierung) mit den Polygonen der Schutzgutkarte (bzw. -klassifizierung) in der Gefährdungskarte Schnittmengen in den Bereichen der verschiedenen Kombinationen der Klassen bilden und die Gefährdung kalkuliert werden kann. Für den Bereich, wo sich die größte Gefahr (Kennwert = 4) aus der Gefahrenkarte mit dem schützenswertesten Schutzgut (Kennwert = 4) aus der Schutzgutkarte überschneiden, wird in der Gefährdungskarte anhand der Gefahren-Wirkungs-Matrix in Tabelle 11 die größte Gefährdung mit dem Kennwert 24 berechnet. Für jeden Ort des Untersuchungsgebietes kann eine qualifizierte Aussage über die Gefährdung durch blindgegangene Abwurfmunition getroffen werden, die auf einer systematischen Bewertung der Gefahren und ihrer Schutzgutexposition basiert.

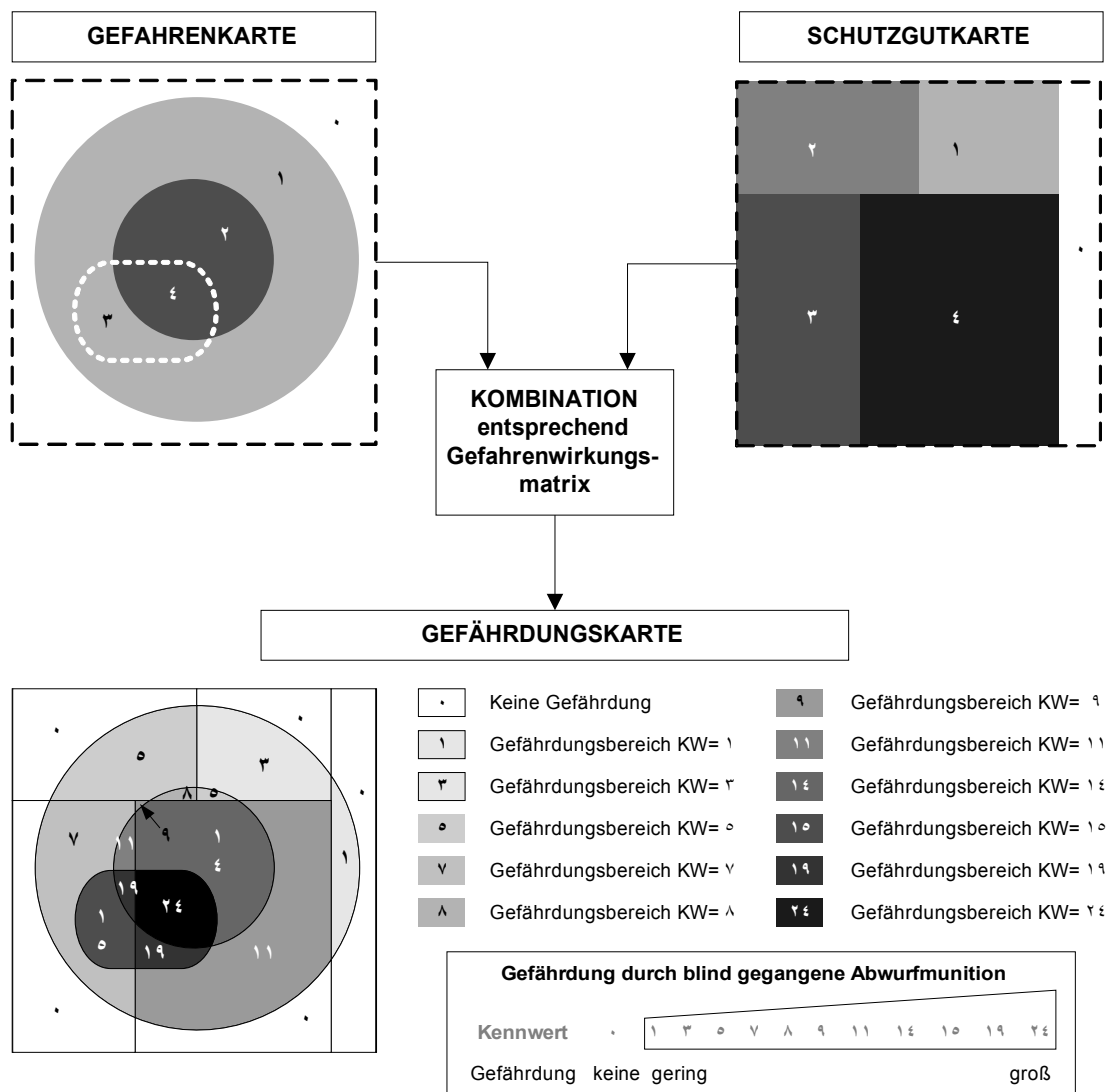


Abbildung 20: Erstellung der Gefährdungskarte durch Kombination der Gefahren- und Schutzgutkarte anhand der Gefahren-Wirkungs-Matrix

Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse aus der Anwendung der Gefahren-Wirkungs-Matrix nur so aussagekräftig sein können, wie die zuvor durchgeführte Differenzierung der Gefahren und Schutzgüter. Die Vergleichbarkeit der Gefährdungskarten mehrerer Untersuchungsgebiete ist nur dann gegeben, wenn die räumliche und qualitative Gefahren- und Schutzgutdifferenzierung vergleichbar sind.

## 7.5 Zusammenfassung der Methodik

Die entwickelte Methodik zur systematischen Gefährdungsabschätzung in Bezug auf blindgegangene Bomben aus dem Zweiten Weltkrieg geht über die bislang angewendete Vorgehensweise hinaus. Sie besteht aus den Teilschritten Datenrecherche zu Gefahren und Schutzgütern, flächendeckende Kartierung, Bewertung und Klassifizierung der Gefahren und Schutzgüter für das gesamte Untersuchungsgebiet, Anwendung der entwickelten Gefahren-Wirkungs-Matrix als Bewertungsalgorithmus für die Gefährdung und abschließend Erstellung einer Gefährdungskarte für das Untersuchungsgebiet.

In Abbildung 21 ist der Verfahrensablauf der Methodik zusammenfassend dargestellt.

Ein wesentliches methodisches Element ist die Einbeziehung und qualitative Bewertung des gesamten Gefahren- sowie Schutzgutspektrums des Untersuchungsgebiets zur Ableitung der Gefährdung durch blindgegangene Abwurfmunition. Dadurch ist die qualitative Bewertung der resultierenden Gefährdung flächendeckend möglich und vergleichbar.

Die Anwendung des mathematisch beschriebenen Bewertungsalgorithmus mittels der Gefahren-Wirkungs-Matrix ermöglicht die objektive und reproduzierbare Bewertung der Gefährdung sowie die Anwendung der Methodik auf komplexe Untersuchungsgebiete mit multiplen Gefahren und diversifizierten Schutzgutstrukturen auf Basis eines GIS.

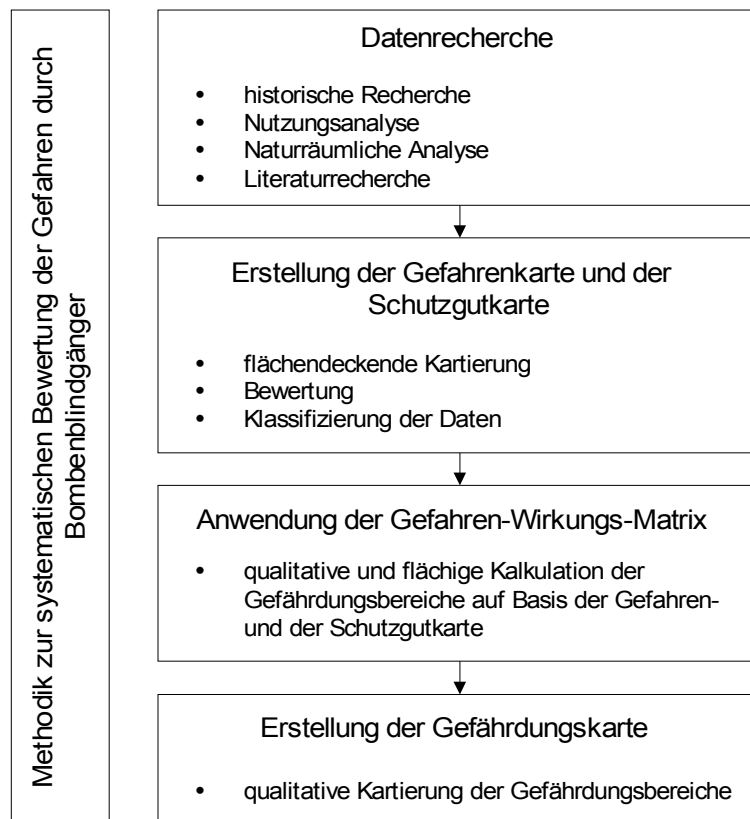


Abbildung 21: Verfahrensweise der Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren durch blind-gegangene Bomben

## **8 Beispiel Oranienburg – Anwendung der Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren durch Bombenblindgänger**

Die in der vorliegenden Dissertation erarbeitete Methodik wird im Folgenden am Beispiel der Stadt Oranienburg angewendet. Oranienburg stellt aufgrund des Blindgängeraufkommens besondere Anforderungen an die Maßnahmen der Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger. Der extensive Einsatz von Bomben mit LZZ durch die USAAF im Zweiten Weltkrieg hat die besondere Gefahrenlage geschaffen, da bei Blindgängern mit LZZ, neben den bekannten Gefahren von Blindgängern, eine erhöhte Gefahr der Selbstdetonation besteht. Zwischen 1977 und 1993 haben sich im Stadtgebiet von Oranienburg fünf Selbstdetonationen ereignet.

Zwischen 1996 und 2006 wurden circa 45 Mio. Euro für Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen in Oranienburg ausgegeben, was circa 35 % der Ausgaben des Landes Brandenburg für alle Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen in diesem Zeitraum entspricht [KMBD BRB 2007c]. Es wurden insgesamt ca. 5,2 km<sup>2</sup> Fläche von Kampfmitteln beräumt. Dies entspricht etwa 16 % der gesamten, im Stadtgebiet von Oranienburg als Kampfmittelverdachtsgebiet eingestuften Fläche [KMBD BRB 2007e]. Durch den großen Umfang der noch vorhandenen Verdachtsflächen ist die Finanzierung der Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen zur flächendeckenden Beräumung des Verdachtsgebietes kurzfristig durch das Land Brandenburg nicht leistbar. Aufgrund dieser Tatsache ist nach Polizei- und Ordnungsrecht ein effektiver Mitteleinsatz zur Abwehr der Gefahren zu gewährleisten. Das heißt, dass bei Nichteisbarkeit der umfassenden Abwehr aller Gefahren die staatliche Schutzpflicht in Bereichen geringerer Gefahr unerfüllt bleiben darf, wenn die Abwehr der größten Gefahren zuerst erfolgt [Pieroth et al. 2002]. Um dieser Pflicht nach dem Polizei- und Ordnungsrecht Rechnung tragen zu können, müssen die Gefahren qualitativ differenziert werden. D. h. es muss untersucht werden, inwieweit aufgrund der Gefahren Schutzgüter gefährdet werden. In Bereichen größter Gefährdung müssen die Gefahren nach Polizei- und Ordnungsrecht zuerst abgewehrt werden. Grundlage dieser Priorisierung von Maßnahmen zur Abwehr der Gefahren durch Bomben-

blindgänger in Oranienburg ist eine flächendeckende, systematische Gefährdungsabschätzung zur räumlichen Differenzierung der Gefährdung. Zu diesem Zweck wird die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren auf das Kampfmittelverdachtsgebiet im Bereich der Stadt Oranienburg angewendet. Diese systematische Bewertung ist die Basis zur Planung und Durchführung der Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren durch Bombenblindgänger in Oranienburg.



## **8.1 Vorgehensweise zur systematischen Bewertung der Gefahren durch Bombenblindgänger in Oranienburg**

Grundsätzlich erfolgt die Bewertung der Gefahren entsprechend der im Kapitel 7 entwickelten Methodik. Zur Anwendung der Methodik ist die räumliche Festlegung eines Untersuchungsgebietes notwendig. Falls, z. B. vom Auftraggeber der Untersuchung, kein Untersuchungsgebiet festgelegt wurde, muss die Festlegung problembezogen vor der Erstellung der Gefahren- und Schutzgutkarte erfolgen. Demzufolge ist das Untersuchungsgebiet parallel zur Datenrecherche festzulegen, wenn aus der historischen Recherche Erkenntnisse zur räumlichen Ausdehnung des Verdachts auf blindgegangene Bomben vorliegen, z. B. aus der Auswertung historischer Luftbilder oder den Erfahrungen bisheriger Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen in dem Gebiet.

Für Oranienburg lagen vor der umfassenden Recherche bereits Erkenntnisse zur räumlichen Ausdehnung des Blindgängerverdachts in Form der Kampfmittelverdachtskarte des Kampfmittelbeseitigungsdienstes vor, die jedoch sehr generalisierend und ungenau war. Die Anwendung der Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren durch blindgegangene Bomben erfolgt in den Schritten:

- Festlegung des Untersuchungsgebietes
- Datenrecherche
- Untersuchung der Erfahrungen der Kampfmittelbeseitigung im Untersuchungsgebiet
- Erstellung einer Gefahrenkarte und Schutzgutkarte
- Anwendung der Gefahren-Wirkungs-Matrix und Erstellung der Gefährdungskarte für das Untersuchungsgebiet

## **8.2 Räumliche Einordnung und Festlegung des Untersuchungsgebietes**

Zur systematischen Bewertung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern in Oranienburg ist ein georeferenziertes Untersuchungsgebiet festzulegen, das dem Bewertungsalgorithmus unterzogen wird. Bei der Festlegung ist die Einbeziehung aller Hinweise auf eine Belastung mit Bombenblindgängern notwendig.

### **8.2.1 Räumliche Einordnung**

Die Stadt Oranienburg liegt im Landkreis Oberhavel im Land Brandenburg, ca. 30 km nördlich des Stadtzentrums von Berlin. Das Stadtzentrum Oranienburg (Bezugspunkt Schloss Oranienburg) hat im amtlichen Bezugssystem ETRS 89 (Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989) die Koordinaten 3380994 Ost und 5846511 Nord in Zone 33 N. In Abbildung 22 ist die Lage Oranienburgs dargestellt.

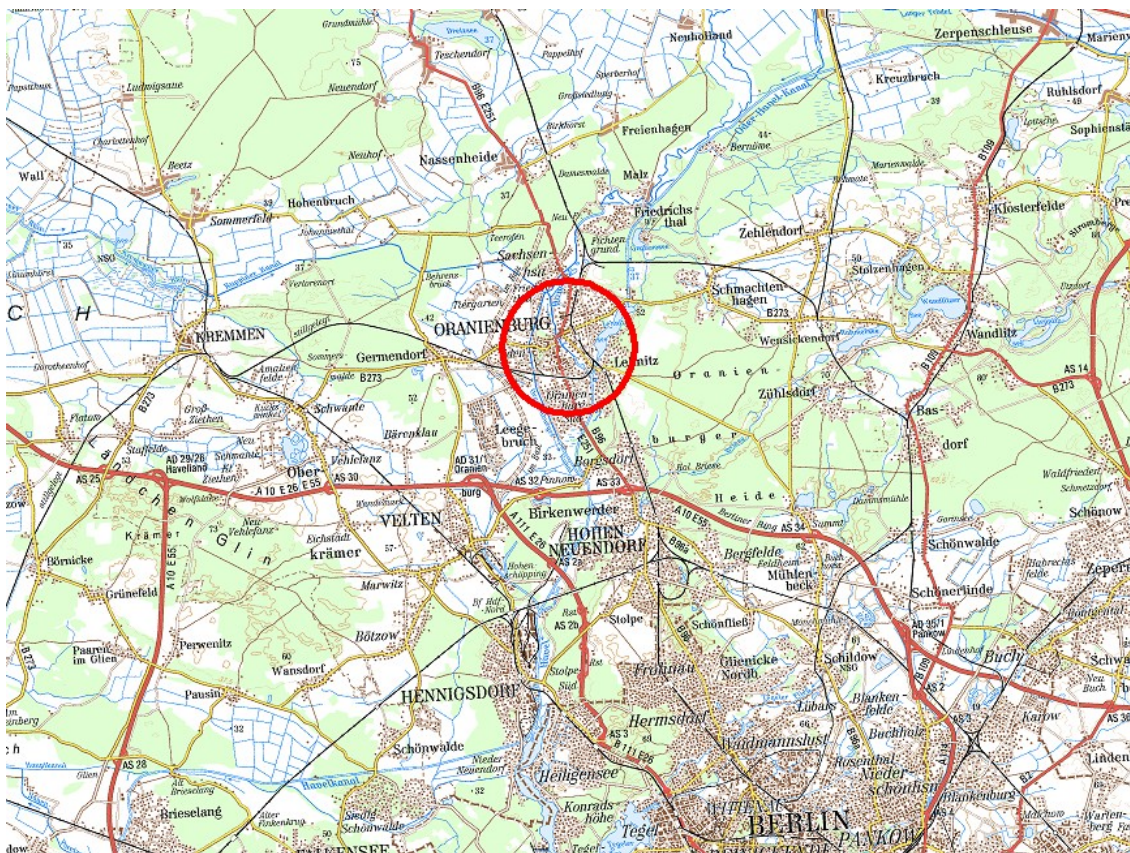


Abbildung 22: Lage der Stadt Oranienburg [LGB BRB 2006]

### 8.2.2 Festlegung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist aufgrund der umfangreichen Luftangriffe im Zweiten Weltkrieg durch das Vorhandensein von Gefahren aufgrund blindgegangener alliierter Bomben charakterisiert. Nach Polizei- und Ordnungsrecht müssen alle Gebiete mit Verdacht auf Bombenblindgänger einer Untersuchung unterzogen werden, bis der Verdacht vollständig ausgeräumt ist. Daher ist es notwendig, mit der Festlegung des Untersuchungsgebietes tatsächlich den gesamten Bereich zu erfassen, wo Verdachtsmomente für das Vorhandensein von Bombenblindgängern vorliegen.

Die tatsächliche Einwirkung von Bomben in Oranienburg im Zweiten Weltkrieg und folglich das Vorhandensein von blindgegangenen Bomben ist durch die Luftbildauswertung sowie anhand der Bombenfunde und Erfahrungen der Kampfmittelbeseitigung seit Ende des Zweiten Weltkrieges flächig beschreibbar. Die Auswertung von alliierten Kriegsluftbildern des Bereiches Oranienburg wurde vom Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) des Landes Brandenburg vorgenommen. Sie liefert die flächige Verteilung von Verdachtspunkten für Bombenblindgänger, von Bombentrichtern und von Verdachtsflächen für Bombenblindgänger, die zur Identifikation des Verdachtsgebietes (des Untersuchungsgebietes) genutzt werden können. Weiterhin können Angriffsdokumentationen mit räumlichen Angaben zu Trefferbereichen (so genannte „Bombplots“) für die Festlegung des Untersuchungsgebietes genutzt werden. In Abbildung 23 ist die Vorgehensweise zur Festlegung des Untersuchungsgebietes dargestellt. Aufgrund der vorangestellten Auswertung wird das Untersuchungsgebiet, wie in Abbildung 23 dargestellt, festgelegt. Die Kartierung liefert das Untersuchungsgebiet mit einer Fläche von ca. 40 km<sup>2</sup>.

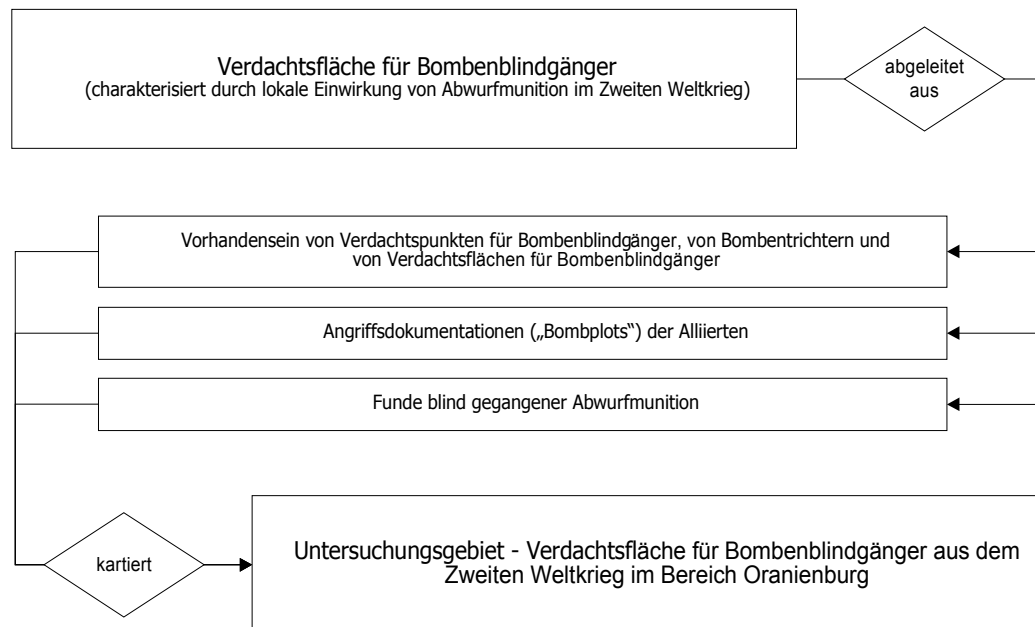


Abbildung 23: Vorgehensweise zur Festlegung des Untersuchungsgebietes

Abbildung 24 zeigt die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes von der Umgebung. Dargestellt sind alle Informationen, die den Verdacht auf Blindgänger von Abwurfmunition begründen: Trichter, Verdachtspunkte, Verdachtsflächen, dokumentierte Trefferbereiche der Alliierten und beräumte Blindgänger.

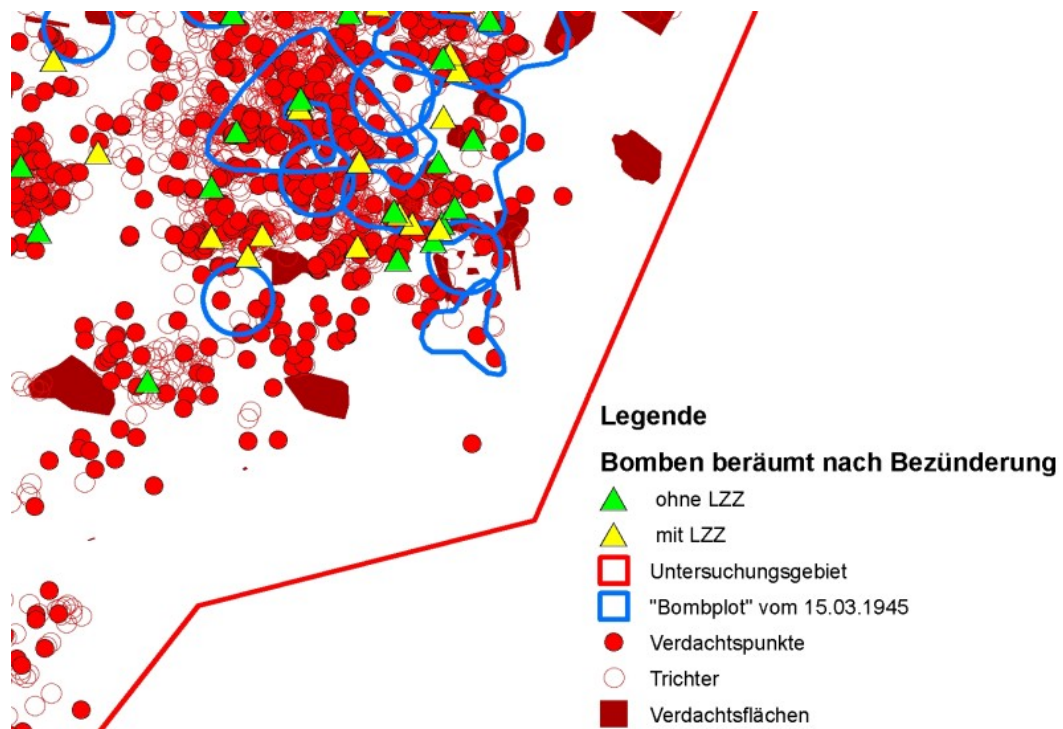


Abbildung 24: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes mit verzeichneten Bombentrichtern, Verdachtspunkten und -flächen für Bombenblindgänger und den alliierten „Bombplots“ (Treffergebiete) vom Luftangriff am 15. März 1945 von der Fläche ohne Verdacht auf Bombenblindgänger [KMBD BRB 1999; USAAF 1945e]

Im Folgenden wird die Datenrecherche, die für das Untersuchungsgebiet im Zuge der Gefährdungsabschätzung vorgenommen wurde, dargestellt.

## **8.3 Datenrecherche**

Die Datenrecherche umfasst entsprechend der in Kapitel 7 dargestellten Methodik die historische Recherche, die Nutzungsanalyse, die naturräumliche Analyse sowie Literaturrecherche.

### **8.3.1 Historische Recherche**

Ziel der historischen Recherche war es, historische alliierte und deutsche Dokumente zu den Angriffen auf Oranienburg sowie Informationen über Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet zu gewinnen. Hier können detaillierte Erkenntnisse über Angriffsziele, den Erfolg der Angriffe, eingesetzte Bomben, nach dem Krieg beräumte Blindgänger etc. gewonnen werden.

Die Recherchen fanden in den im Kapitel 7 benannten einschlägigen nationalen und internationalen Archiven statt, wie etwa im Bundesarchiv-Militärarchiv in Freiburg, im National Archive College Park in Maryland (USA) und in den National Archives in London (Großbritannien). Zusätzlich wurde das Landesarchiv Brandenburg und das Archiv der Stadt Oranienburg in die Recherchen einbezogen. Umfangreiche Informationen über die Kampfmittelbeseitigung wurden darüber hinaus vom KMBD Brandenburg zur Verfügung gestellt bzw. für konkrete Fragestellungen zugearbeitet.

#### **a) Historische Dokumente der Alliierten**

Im Ergebnis der Recherchen in den historischen alliierten Dokumenten bezüglich der Luftangriffe konnten die Angriffsziele im Oranienburger Raum festgestellt werden. Dazu gehörten vor allem Rüstungsbetriebe, militärische Einrichtungen und Verkehrswege. In Abbildung 25 ist beispielhaft eine originale alliierte Liste von Angriffszielen dargestellt. Es handelt sich um eine Liste des britischen Luftfahrtministeriums vom April 1944, in dem das SS-Materiallager und die Granatenabfüllstation (Sachsenhausen, nördlich des Lehnitzsees) sowie die Heinkel-Werke Annahof (Flugplatz Oranienburg) und Germendorf (ca. 5 km westlich von Oranienburg) als Ziele angegeben sind [British Air Ministry 1944a].

OPERATIONAL NUMBER	TOWN	GRID REFERENCE	TARGET NAME	USGS SERIES & SHEET NO.	GRID REFERENCE
<u>GN 5802</u>	ORANIENBURG nr. BERLIN	RZ 736785	S.S. MAIN ORDNANCE, M.T. & EQUIPMENT DEPOT (Also issued as Tactical Target 5213E/P/4)	4416 M.7	RZ 736785
<u>GY 4799</u>	ORANIENBURG (Annahof)	RZ 703740	A. BOMBER AIRCRAFT ASSEMBLY FACTORY of ERNST HEINKEL FLUGZEUGWERKE G.m.b.H.	4416 N.7	RZ 703740
		RZ 703729	B. FACTORY AIRFIELD (formerly GU 3946)	4416 N.7	RZ 703729
<u>GY 4800</u>	ORANIENBURG (Germendorf)	RZ 670736	BOMBER AIRCRAFT COMPONENTS FACTORY of ERNST HEINKEL FLUGZEUGWERKE G.m.b.H.	4416 N.7	RZ 670736

Abbildung 25: Auszug aus der Zielliste "Target Intelligence - Station List" des britischen Luftfahrtministeriums von April 1944 [British Air Ministry 1944a]

Folgende Listen von Kriegszielen mit Angaben zur Stadt Oranienburg konnten in den Archiven recherchiert werden:

- Black List of Targets by Technical Items – Schwarze Liste der Ziele nach technischer Nutzung der USAAF [USSBS 1945b]
- Schedule of known and suspected Aircraft and Aero Engine Factories – Aufstellung der bekannten und vermuteten Flugzeug- und Flugzeugmotorenfabriken der RAF [British Air Ministry 1944b]
- Targets Intelligence – Air Fields-Germany Station List – Aufstellung der Flugplätze in Deutschland der RAF [British Air Ministry 1944a; British Air Ministry 1945]

Zusätzlich sind die Ziele der Luftangriffe in den alliierten Unterlagen bezüglich der einzelnen Angriffe benannt. Beispielsweise wurden nach Luftangriffen Berichte („Immediate Interpretation Reports“) erstellt, welche die Ergebnisse des jeweiligen Angriffs dokumentierten. Hier konnten ergänzend zu den Ziellisten Informationen zu den Zielen Auergesellschaft bzw. -werke, Kommandantur und Bahnhof recherchiert werden.



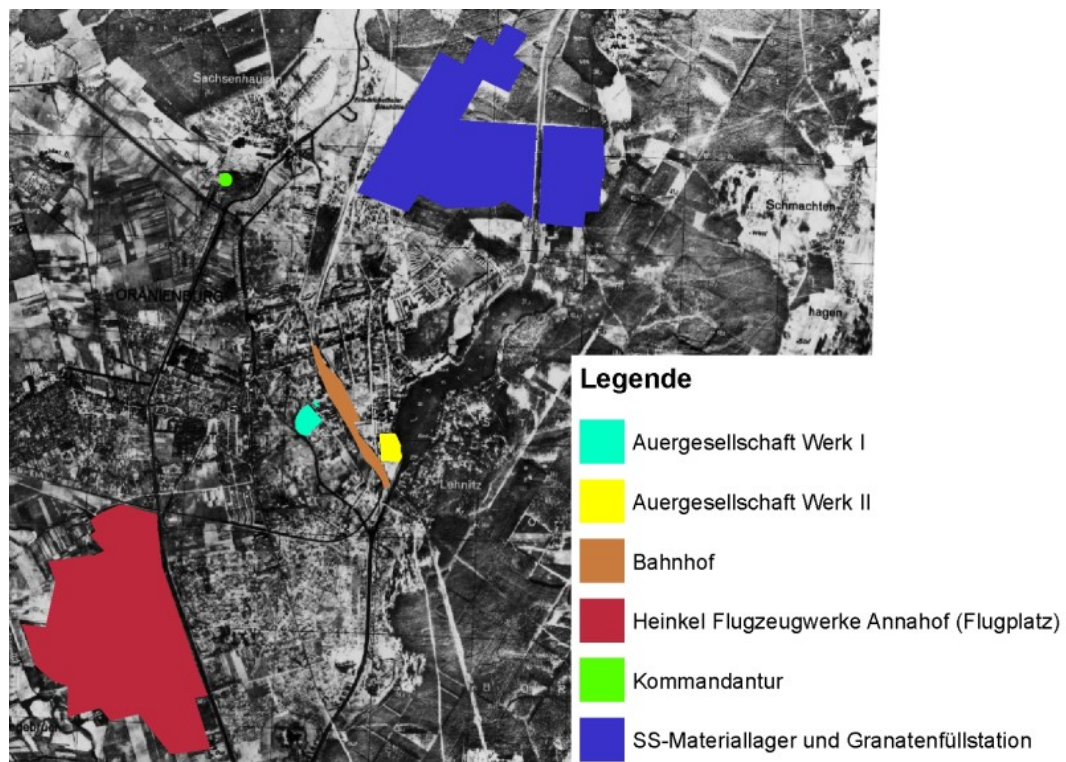
In Tabelle 12 sind die recherchierten Ziele in Oranienburg aufgeführt. In den Unterlagen der Alliierten wurden den Zielen Zielcodes zugeordnet, die sich in den „Operational Numbers“ und den Codes des „US Strategic Bombing Survey“ (USSBS) wiederfinden.

*Tabelle 12: Übersicht der Angriffsziele alliierter Bombenangriffe auf den Oranienburger Raum im Zweiten Weltkrieg [USSBS 1945b; British Air Ministry 1944a; British Air Ministry 1944b]*

<b>Ziel</b>	<b>Operational Number</b>	<b>Codes USSBS</b>
Auergesellschaft	GS 5451	
Bahnhof		47762 630
Kommandantur (Schloss Friedenthal)		
Heinkel Flugzeugwerke Annahof (Flugplatz)	GY 4799 (A+B)	47762 780
Heinkel Flugzeugwerke Germendorf	GY 4800	
SS-Materiallager und Granatenabfüllstation	GN 5802	47762 210
Stadtgebiet		47762 20

In Abbildung 26 sind die recherchierten Angriffsziele mit ihrer räumlichen Ausdehnung dargestellt. Das Ziel Heinkel-Flugzeugwerke in Germendorf liegt nicht im Untersuchungsgebiet, da kein räumlicher Zusammenhang zu den Kampfmittelverdachtsflächen im Stadtgebiet Oranienburg besteht. Diese Fläche wurde im Rahmen der Bearbeitung nicht weiter berücksichtigt.





*Abbildung 26: Darstellung der recherchierten Angriffsziele im Oranienburger Raum auf Basis der Deutschen Luftbildkarte von 1941 [Reichsluftfahrtministerium 1941]*

Neben den Angriffszielen konnten im Rahmen der Recherchen in den historischen Unterlagen umfangreiche Informationen bezüglich der Luftangriffe auf Oranienburg recherchiert werden, die hier kurz zusammengefasst dargestellt werden.

Insgesamt wurden durch die Royal Air Force (RAF) und die US Army Air Force (USAAF) dreizehn Angriffe auf Oranienburg durchgeführt. Dabei wurden circa 10.500 Sprengbomben (Bombenlast 2.600 t) und circa 4.600 Brandbomben (Bombenlast ca. 700 t) abgeworfen. Die Angriffe der RAF können jedoch aufgrund der geringen abgeworfenen Bombenlast (ca. 11 t) unberücksichtigt bleiben. Im Untersuchungsgebiet muss daher aufgrund der umfangreichen Bombardements der USAAF insbesondere mit amerikanischer Abwurfmunition gerechnet werden. Die schwersten Angriffe fanden am 15.03.1945, am 10.04.1945 und am 20.04.1945 durch die 8. USAAF statt. Dabei wurden das SS-Materiallager im Norden, der Flugplatz

Annahof im Südwesten sowie der Bahnhof im Zentrum der Stadt Oranienburg angegriffen. Das Stadtzentrum mit dem Bahnhof war am stärksten von den Angriffen betroffen. Im Rahmen der Angriffe am 15.03.1945 und am 20.04.1945 wurden insgesamt 4.500 Stück 250 kg, 1.000 Stück 500 kg und 120 Stück 1.000 kg Sprengbomben eingesetzt. Weiterhin ist in den historischen Unterlagen für den 15.03.1945 ein umfangreicher Einsatz von Bomben mit LZZ dokumentiert. Bei diesem Angriff waren 80 % der eingesetzten 4.800 Bomben (250 und 500 kg) mit LZZ ausgestattet [USAAF 1945a-f; Freeman 1970; Freeman 1990]. In Abbildung 27 ist beispielhaft ein Auszug eines Angriffsbefehls („Field Order“) dargestellt, der die einzusetzenden Bomben mit Bezünderung vorgibt.

2. A. TARGETS			
(1) PRIMARY: VISUAL ONLY			
UNIT	TARGET		MPI
---	---		---
93A-B-C-D	13A-B-C	M/Y AT "F" ILL/1	GN 5802
45A-B-C	4A-B-C-D	M/Y AT "F" ILL/1	GN58 2
			042072/1
			044068/1
3. X. (1) 1100 BST 15 MAR. 45			
(2) 93B-C-D 13A- 45A-B-C 4A			
93A	13B	4B	4C
13C	4D		
12 X 500 GP		ASSORTED 1-2-6-12	
6 X 1000 GP		LONG DELAY	
2 X 2000 GP		ASSORTED 1-2-6-12	
		LONG DELAY	
		GP, PLUS 2 X 1000 G.P.	
		1/10 X 1/40	

Abbildung 27: Auszug eines Angriffsbefehls für den Angriff am 15.03.1945 (Zieltyp M/Y steht für Marshalling Yard - Rangierbahnhof) [USAAF 1945c]

Für alle Angriffe konnten die Angriffsziele sowie die abgeworfenen Bombenlasten und -arten recherchiert werden.

Zusätzlich konnten für die Angriffe vom 15.03.1945 und 20.04.1945 „Bombplots“ recherchiert werden. Diese geben Auskunft über die tatsächlichen Treffergebiete der jeweiligen Bombergruppen. Die Beladung der Bombergruppen kann aus den Angriffsbefehlen („Field Orders“) entnommen werden und erlaubt die Zuordnung der

Bomben- und Zündertypen zu den kartierten Trefferbereichen. Die Verdachtsgebiete können auf dieser Grundlage räumlich beschrieben werden. In Abbildung 28 ist beispielhaft der Auszug aus einem „Bombplot“ dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Zeichnung sehr großmaßstäbig ist, daher ist es notwendig, diese Verdachtsflächen mit den Ergebnissen der Kampfmittelbeseitigung (Kampfmittelfunden) zu verifizieren.

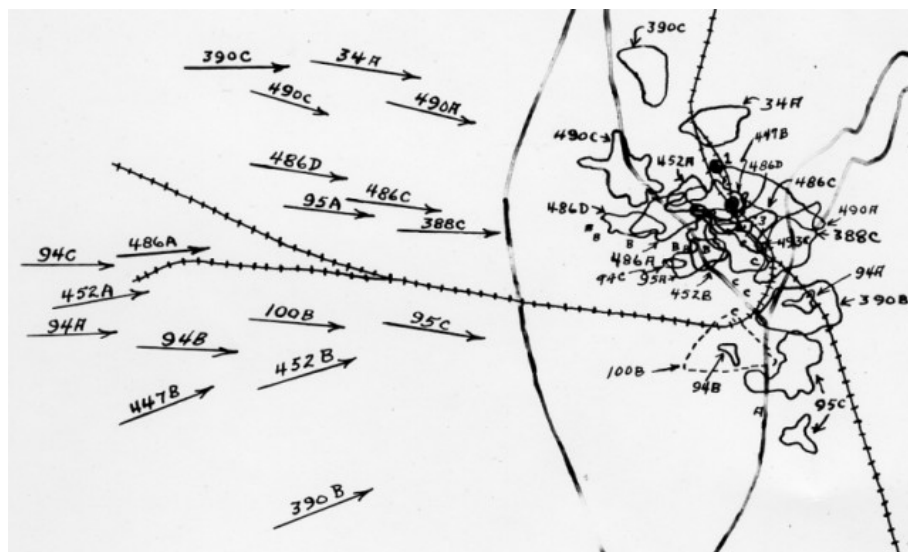


Abbildung 28: Beispielhafter Auszug aus einem „Bombplot“ für den Angriff am 15.03.1945 [USAAF 1945a]

Bei der historischen Recherche in Archiven der Alliierten konnten insgesamt folgende Informationen für das Untersuchungsgebiet recherchiert werden:

- 13 Angriffe (RAF und USAAF) im Zeitraum 1940 – 1945
- jeweils abgeworfene Bombenlasten und -typen
- Ziele der Angriffe im Untersuchungsgebiet:
  - Heinkel-Werke – Flugplatz Annahof
  - Kommandantur Schloss Friedenthal
  - SS-Materiallager und Granatenabfüllstation (Klinkerwerk)
  - Stadtzentrum mit Bahnhof und Werken der Auergesellschaft
- die schwersten Angriffe auf das Stadtzentrum wurden unter umfangreichem Einsatz von LZZ ausgeführt

Aufgrund der recherchierten „Bombplots“ und Angriffsdokumente sind für die Angriffe vom 15.03.1945 und 20.04.1945 Trefferbereiche unter Zuordnung der Bomben- und Zündertypen räumlich beschreibbar.

Zusätzlich konnten im Stadtarchiv der Stadt Oranienburg einige Informationen hinsichtlich der Bodenkampfhandlungen in Oranienburg im April 1945 recherchiert werden. Demnach wurde Oranienburg von der Roten Armee zuerst von Norden her umgangen und eingekreist. Die Stadt wurde von Angehörigen des Volkssturms verteidigt und nach einigen Häuserkämpfen durch die Rote Armee besetzt [Below 1978]. Für die Gefährdungsabschätzung aufgrund der Gefahren durch blindgegangene Kampfmittel in Oranienburg können die Bodenkämpfe unberücksichtigt bleiben, da diese in einem sehr geringen Umfang stattfanden und die eingesetzten Kampfmittel in Bezug auf die Gefahr durch Bombenblindgänger vernachlässigbar gering sind.

## **b) Historische deutsche Dokumente**

Die historische Recherche in deutschen Dokumenten dient einerseits zur Beschreibung der historischen Nutzungsstrukturen im Untersuchungsgebiet, andererseits können Informationen zu Auswirkungen der Bombenangriffe im Untersuchungsgebiet gewonnen werden, d. h. zu Schäden und Zerstörungen oder zur Blindgängerbeseitigung. Weiterhin sind Informationen zur Kampfmittelbeseitigung im Untersuchungsgebiet zu erheben.

Für Oranienburg konnte im Rahmen der historischen Recherche eine Reihe von Informationen zusammengestellt werden:

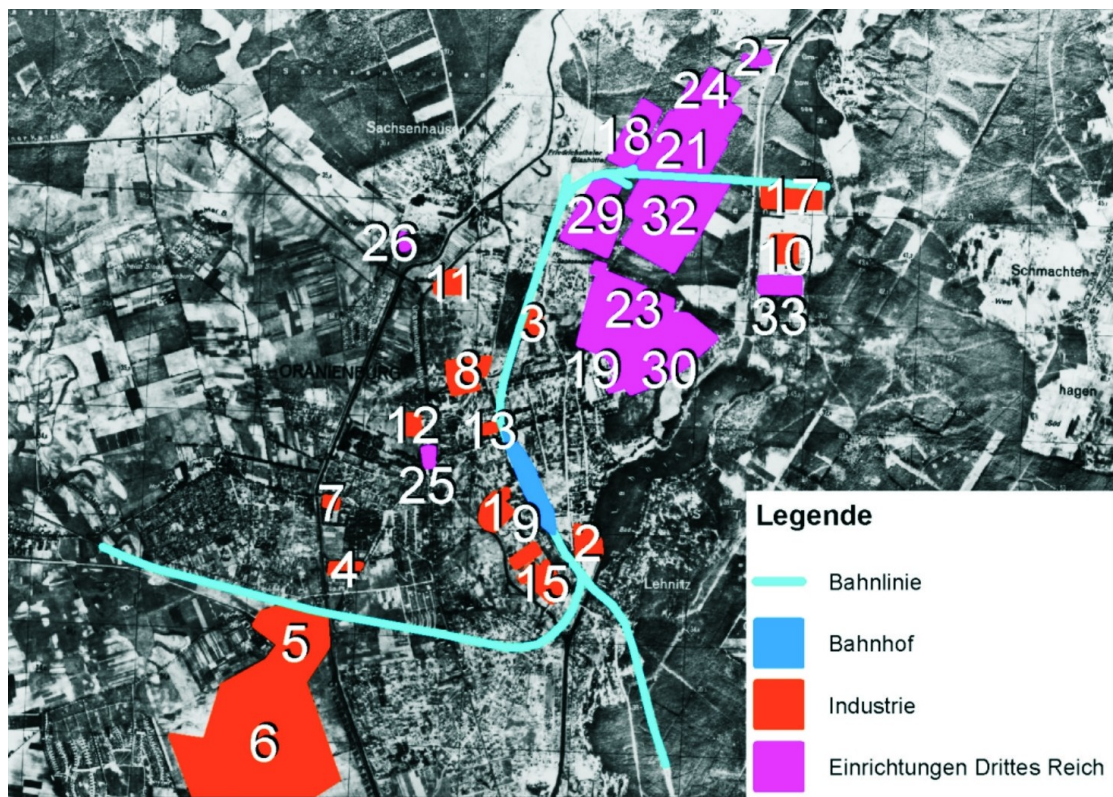
- hinsichtlich der Nutzungsstrukturen
- hinsichtlich der Luftangriffe aus deutscher Sicht
- hinsichtlich der Kampfmittelbeseitigung

### **Nutzungsstrukturen**

Das Spektrum der Industriebetriebe in Oranienburg reichte in den 1940er Jahren von Brauereien, chemischer Industrie, einem Klinkerwerk bis zur Metall- und Steinverarbeitung [NN 1939]. In Vorbereitung auf den Zweiten Weltkrieg wurde die Industrie auf die Rüstungsproduktion ausgerichtet. Die Heinkel-Werke und der Flugplatz wurden beispielsweise aufgrund eines Auftrags des Technischen Amtes des

Reichsluftfahrtministeriums aus dem Jahr 1935 errichtet [NNc]. Die Märkische Metallbau GmbH lieferte Flugzeugteile und das Klinkerwerk wurde 1938 zur Granatenproduktion umgebaut [Becker et al. 2007; BFUB Berlin]. Die Liste der Rüstungsbetriebe des Oberkommandos der Wehrmacht von 1936 führt in Oranienburg die Degea AG (Auergesellschaft), die Heinkel-Werke und die Firma Heintze und Blanckertz (Stanz- und Massenartikel) als Rüstungsbetriebe [OKW 1936]. In der Liste der Spezialbetriebe der Rüstungsinspektion III wurden 1941 die Rußwerke und die Auergesellschaft genannt, die beide in unmittelbare Nähe zum Bahnhof lagen [OKW 1941; Becker 2005]. Weiterhin wurde in Oranienburg eine Vielzahl von Einrichtungen der Schutzstaffel der NSDAP, der SS, angesiedelt. In der Nähe des Konzentrationslagers Sachsenhausen befanden sich Unterkünfte, eine Kaserne und ein großes Materiallager der SS. Dazu gehörten ein Kraftfahrzeugpark, ein Hauptzeugamt und ein Waffenamt. Südlich davon war das SS-Wirtschafts- und Verwaltungshauptamt (WVHA) ansässig. Im Schloss Friedenthal waren Sondereinheiten der Waffen-SS stationiert [Becker et al. 2007]. In Abbildung 29 sind Industriestandorte und die Einrichtungen des Dritten Reiches in Oranienburg zur Zeit des Zweiten Weltkrieges dargestellt.





Nummer	Bezeichnung	Nummer	Bezeichnung
1	Auerwerke Werk I	18	Amt B III
2	Auerwerke Werk II	19	Bau- und Industriehof
3	Ballonbau, Luftschiffbau Zeppelin GmbH	20	Inspektion der Konzentrationslager WWHA
4	Dampfsägewerk/ Nutzholzhandlung Ernst Winkler	21	Kraftfahrzeugdepot/ Abstellplatz
5	Heinkelwerk Annahof	22	Kraftfahrzeugsversuchsabteilung
6	Heinkelwerk Annahof Flugplatz	23	KZ Sachsenhausen
7	Heintze & Blanckertz Stahlfederfabrik	24	Nachrichtenzugamt
8	Hüttenwerke C. Wilhelm Kayser & Co	25	Polizeischule
9	Klarwerk	26	Schloss Friedenthal
10	Klinkerwerk Oranienburg	27	Sendebunker/Sendestation "Herz Ass"
11	Märkischer Metallbau GmbH	28	SS-Bekleidungswerk/Schuhfabrik
12	Märkischer Metallbau GmbH	29	SS-Hauptzeugamt
13	Märkischer Metallbau GmbH	30	SS-Kaserne
14	Pommerensdorf-Milch AG Chemische Produkten AG	31	SS-Kommandantur
15	Rußwerke Oranienburg	32	SS-Kraftfahrzeugdepot mit Anschlussgleis, Rampe und Tankstelle
16	Schweinemastanlage Ernährungshilfswerk	33	SS-Schießstand
17	Steinbearbeitungswerk (Heinkel-Hallen)	34	SS-Waffenamt

Abbildung 29: Industriestandorte und Einrichtungen des Dritten Reiches in Oranienburg auf der Basis der Deutschen Luftbildkarte von 1941 [Becker et al. 2007; Reichsluftfahrtministerium 1941]

## **Luftangriffe**

Bezüglich der Luftangriffe konnten im Landesarchiv Brandenburg einige Unterlagen gefunden werden. Beispielsweise eine „Luftschutz-Ereignismeldung“ vom 16.03.1945, die aufgrund des Angriffs vom 15.03.1945 schwere Schäden an Wohnhäusern und öffentlichen Gebäuden im Stadtgebiet Oranienburg meldet. Dabei wurde u. a. die Unterkunft der Polizei schwer beschädigt. Löschfahrzeuge der Luftschutzpolizei wurden durch Bombenvolltreffer so schwer beschädigt, dass sie zur Bekämpfung der zahlreichen Brände im Stadtgebiet ausfielen [Der Führer der Landesgruppe III 1945].

In einem Bericht des Rates des Bezirks aus dem Jahr 1965 heißt es, dass durch den Angriff am 15.03.1945 die Auerwerke II westlich vom Bahnhof stark zerstört wurden. Weiterhin wird ein Zeitzeugenbericht einer ehemaligen Mitarbeiterin der Stadtverwaltung Oranienburg zitiert, der den Einsatz von Bomben mit Langzeitzündern bestätigt [Bezirkstag und Rat des Bezirkes Potsdam 1965].

In einem Schreiben des Bürgermeisters von Oranienburg an die Bürger vom 06.07.1945, das im Stadtarchiv Oranienburg recherchiert wurde, heißt es, dass von 3.872 Gebäuden in Oranienburg 609 total bzw. schwer, 324 mittel und 1.079 leicht beschädigt waren. Insgesamt wurden demnach 2.012 Gebäude (ca. 52 % der Bebauung) in Mitleidenschaft gezogen [Der Bürgermeister der Stadt Oranienburg 1945].

## **Kampfmittelbeseitigung**

Im Rahmen der historischen Recherche wurden weiterhin Informationen zur Kampfmittelbeseitigung während des Krieges und in den Nachkriegsjahren gefunden.

### Kampfmittelbeseitigung während des Zweiten Weltkrieges

Über den Umfang und die Ergebnisse der Kampfmittelbeseitigung während des Zweiten Weltkrieges im Untersuchungsgebiet konnten nur wenige Informationen recherchiert werden. Im Landeshauptarchiv Brandenburg und im Stadtarchiv Oranienburg konnten Informationen über den Einsatz von Häftlingen aus dem Konzentrationslager Sachsenhausen zur Blindgängerbeseitigung gefunden werden.

Aus den Akten ist jedoch nicht eindeutig zu entnehmen, dass die Häftlinge in Oranienburg eingesetzt wurden. Jedoch existieren Augenzeugenberichte über Bombenräumkommandos, die in Oranienburg tätig waren. Beispielsweise beschrieb ein Augenzeuge, dass ein Blindgänger in der Gartenstraße 15 von Häftlingen zu einem Bombenrichter gebracht, mit Stroh bedeckt und gesprengt wurde [NN 1998]. Eine weitere Augenzeugin berichtete vom Einsatz von KZ-Häftlingen bei der Beräumung von Bombenblindgängern in Lehnitz nach dem Luftangriff vom 15. März 1945 [Becker 2005].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in Oranienburg nach den Luftangriffen im Zweiten Weltkrieg Kampfmittelräummaßnahmen auch unter Einsatz von Häftlingen des Konzentrationslagers Sachsenhausen stattfanden. Blockwartberichte, die detaillierte Informationen über die Bombenangriffe und das Blindgängeraufkommen liefern können, konnten nicht recherchiert werden. Bei der Aufgrabung von Verdachtspunkten, zuletzt vor der Bombenentschärfung am 2. März 2007, wurden alte Holzverbaue gefunden, die auf frühere Kampfmittelräummaßnahmen zurückzuführen sind [KMBD BRB 2007a]. Die Recherche in den einschlägigen Archiven konnte aber keine detaillierten Informationen über die Anzahl oder den Ort der in den Kriegsjahren geborgenen Bombenblindgänger liefern. Es kann geschlussfolgert werden, dass während des Zweiten Weltkrieges Bombenräumungen stattgefunden haben, die zu einer Verringerung der Blindgängerzahl im Untersuchungsgebiet geführt haben. Jedoch ist aufgrund der beschränkten Mittel in den Kriegswirren davon auszugehen, dass keine systematische und vermutlich nur eine oberflächige Kampfmittelbeseitigung durchgeführt wurde.

#### Kampfmittelbeseitigung im Zeitraum von 1945 bis 1991

Bis 1958 wurde die Kampfmittelbeseitigung in Oranienburg vom „Regiebetrieb Abrüstung“ und ab 1958 vom Munitionsbergungsbetrieb durchgeführt. Beide Einrichtungen waren der Deutschen Volkspolizei unterstellt.

Für das Untersuchungsgebiet gibt es für den Zeitraum vom Kriegsende bis 1960 nur wenige konkrete Informationen über Munitionsfunde. Recherchiert werden konnte in Oranienburg ein Unglück, als bei der Bergung eines Sprengstoffbehälters der Wehrmacht auf dem Flugplatz im Januar 1953 fünf Tonnen Sprengstoff explodierten



und 12 Personen tödlich verunglückten [Bezirksbehörde der Volkspolizei Potsdam Operativstab 1953].

Die Vernichtung von Munition im Kreis Oranienburg erfolgte im Jahr 1952 auf dem Gelände der Auergesellschaft und auf dem ehemaligen Klinkerwerkgelände. Den Beschreibungen des Berichtes des Volkspolizei-Kreisamtes Oranienburg vom 20. Oktober 1952 zufolge fanden auf dem ehemaligen Gelände der Auergesellschaft täglich mehrere Sprengungen statt [Volkspolizei-Kreisamt-Oranienburg 1952]. In einem Bericht vom Juni 1954 wird nur noch der Sprengplatz auf dem Gelände des ehemaligen Klinkerwerkes zur Vernichtung von Kampfmitteln erwähnt [Volkspolizei-Kreisamt-Oranienburg 1954a]. Auf dem ehemaligen Gelände der Auergesellschaft wird im Dezember 1954 von der Sprengung einer Bunkerkuppe, d. h. von Abbruchsprengungen, berichtet [Volkspolizei-Kreisamt-Oranienburg 1954b].

Die erste recherchierte Dokumentation über die Bergung einer Sprengbombe mit LZZ in Oranienburg stammt aus dem Jahr 1960. Auf dem Gelände des Werkes I der Auergesellschaft, heute Lindenring, wurden damals Neubauten errichtet. Im Rahmen der Bauarbeiten wurde eine Sprengbombe mit LZZ gefunden, als die Wohnblöcke bereits fertig gestellt waren. Im Jahr 1961 wurden dort zwei weitere Sprengbomben mit LZZ gefunden [Krull 2007].

Von 1960 bis 1969 wurden im Rahmen der Beräumung des ehemaligen Geländes der Auergesellschaft insgesamt 68 Sprengbomben geborgen, weiterhin gab es in diesem Zeitraum 20 Einzelfunde im Gebiet von Oranienburg. Insgesamt wurden zwischen 1960 und 1969 vierzehn Bomben mit LZZ geborgen [MBD Potsdam 1991].

Nach 1969 bis 1991 wurden bedarfsweise Kleinflächen abgesucht, dabei wurden ca. 20 Bombenblindgänger gefunden, der Anteil der Bomben mit LZZ wurde auf 30 % (ca. 6 Stück) beziffert.

In Tabelle 13 ist eine Übersicht der beräumten Bombenblindgänger zwischen 1960 und 1991 dargestellt. In dieser Zeit wurden entsprechend der Datenlage insgesamt 105 Bomben (250 kg bis 1.000 kg) geborgen, davon waren ca. 21 Stück mit LZZ ausgestattet.

*Tabelle 13: Übersicht der im Untersuchungsgebiet beräumten Bomben (250 kg bis 1.000 kg) zwischen 1960 und 1991 [MBD Potsdam 1991; Rat des Bezirkes Potsdam -Der Vorsitzende- 1969]*

<b>Jahr</b>	<b>Anzahl Bomben</b>	<b>Anzahl LZZ</b>	<b>Ort</b>
1960	1	1	Ehemaliges Gelände der Auergesellschaft
1961	2	2	
1965	15	5	
1966	23	3	
1967	20	1	
1968	15	1	
1969	8	1	
1970-1990	20	6*	unbekannt
1991	1	1	Greifswalder Str.
<b>Summe</b>	<b>105</b>	<b>21</b>	<b>Oranienburg</b>
*) Nach dem „Kurzbericht zu geborgenen Bombenblindgängern“ MBD 1991 Angabe von ca. 30 % LZZ, d. h. 30 % von 20 Stück sind 6 LZZ – Bomben			

Seit Ende des Krieges bis Mitte 1991 sind im Untersuchungsgebiet drei Selbstdetonationen von blindgegangenen Bomben dokumentiert. Dabei entstanden ausschließlich Sachschäden [MDB Potsdam 1977, MDB Potsdam 1981, MDB Potsdam 1982]. Die Gefahr der Selbstdetonation von Bombenblindgängern aufgrund der Bezündung mit chemischen Langzeitzündern im Untersuchungsgebiet wurde belegt.

Die Archivrecherche über die Kampfmittelbeseitigung in Oranienburg im Zeitraum 1945 bis 1991 lieferte hauptsächlich Informationen über die Anzahl von Bombenblindgängern. Teilweise konnten auch Informationen über den Fundort recherchiert werden. Es ist davon auszugehen, dass die hier dargestellten Informationen zur Kampfmittelbeseitigung in diesem Zeitraum unvollständig sind. In vielen Fällen konnten insbesondere keine Informationen über die Fundsituation (genauer Fundort, Tiefe, Lage) der beräumten Bombenblindgänger recherchiert werden.

### Kampfmittelbeseitigung im Zeitraum von 1991 bis 2007

Die Verfahrensweise der Kampfmittelbeseitigung in Brandenburg seit 1991 wurde im Kapitel 4.5 beschrieben. Die Ergebnisse der Kampfmittelbeseitigung seit 1991 werden vom Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) Brandenburg in einem geografischen Informationssystem dokumentiert. Der KMBD ist an dieser Stelle die Quelle für Informationen bezüglich der Kampfmittelbeseitigung in Oranienburg seit 1991.

Die Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen in Oranienburg wurden seit 1991 einerseits bedarfsorientiert, d. h. im Rahmen von Baumaßnahmen und bei Zufallsfunden durchgeführt. Andererseits findet eine systematische Beräumung von Bereichen mit besonderem öffentlichen Interesse bzw. mit besonderem Gefahrenverdacht statt. Als kommunale Ordnungsbehörde legt die Stadtverwaltung Oranienburg in Zusammenarbeit mit dem KMBD jährlich Prioritäten für Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen fest, die vom Land Brandenburg finanziert werden. Seit 1999 wurden im Rahmen dieser Kooperation unter anderem öffentliche Flächen (z. B. Schulen und Kindergärten, Schlosspark), Stadtentwicklungsbereiche (Projekt „Zukunft im Stadtteil“) oder Bereiche mit erhöhtem Kampfmittelverdacht (z. B. Lehnitzstraße) beräumt [Faßmann 2006].

Als Grundlage zur Einschätzung der Gefahren durch blindgegangene Abwurfmunition in Oranienburg nutzt der KMBD die bereits genannten Ergebnisse der Auswertung historischer alliierter Luftbilder, die der KMBD Ende der 1990er Jahre flächendeckend für den Stadtbereich Oranienburg durchgeführt hat. Bereiche mit hohem Trichteraufkommen und Verdachtspunkten wurden im Rahmen dieser „systematischen“ Beräumung bevorzugt. Zusätzlich wurden in den Verdachtsgebieten Bereiche öffentlicher Gebäude (z. B. Kindergärten und Schulen) beräumt. Die „systematische“ Räumung beruht jedoch nicht auf einer systematischen, flächendeckenden Bewertung der Gefährdung durch blindgegangene Bomben. Vielmehr handelt es sich bei der als systematisch bezeichneten Räumung um eine Abstimmung zwischen der Stadtverwaltung und dem zuständigen KMBD, bei der jährlich Prioritäten festgelegt werden. Diese Abstimmungen stellen jeweils einen Kompromiss zwischen den Zielen der Stadtentwicklung und den Erfordernissen der Gefahrenabwehr bzw. des effizienten Einsatzes der für die Kampfmittelbeseitigung

zur Verfügung stehenden Mittel dar. Eine flächendeckende, systematische Gefährdungsabschätzung liegt dieser – als „systematisch“ bezeichneten Kampfmittelbeseitigung – nicht zugrunde. Sie ist deshalb nicht als systematische, sondern vielmehr als andauernde, prioritätenorientierte Kampfmittelbeseitigung zu bezeichnen.

Aufgrund von bei der Luftbilddauswertung identifizierten Bombentrichtern, von Verdachtspunkten für Bombenblindgänger bzw. von Kampfmittelverdachtsflächen wurden zwischen 1991 und 2007 im Untersuchungsgebiet insgesamt 140 blindgegangene Sprengbomben aufgefunden und beseitigt. Davon waren 123 Bomben mit einem Kaliber von 250 kg oder mehr. 78 Stück dieser Bomben waren mit LZZ bezündert. Im Rahmen der Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen wurden die Fundsituationen sowie der Zustand der Bomben und Zünder dokumentiert. Teilweise wurden die LZZ delaboriert. Die Gefährlichkeit der LZZ wurde im Kapitel 6.3 behandelt, die Untersuchungsergebnisse der Delaborierung der in Oranienburg geborgenen LZZ haben deren Gefährlichkeit bestätigt [KMBD BRB 2007f]. 1991 sowie 1993 haben sich in Oranienburg zwei Selbstdetonationen von Bomben mit LZZ ereignet, so dass die Gesamtzahl der Selbstdetonationen im Untersuchungsgebiet seit 1977 bei fünf liegt. Bei der Selbstdetonation im Jahr 1991 wurden erstmals Personen verletzt [Freie und Hansestadt Hamburg 1994].

Für die Abschätzung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern im Untersuchungsgebiet können folgende Informationen genutzt werden:

- im Rahmen der Auswertung historischer Luftbilder dokumentierte:
  - Bombentrichter
  - Verdachtspunkte für Bombenblindgänger
  - Verdachtsflächen für Bombenblindgänger (wo einzelne Verdachtspunkte nicht voneinander zu unterscheiden sind bzw. Zerstörungen das Vorhandensein von Verdachtspunkten nicht ausschließen)
- Daten der beräumten Bombenblindgänger:
  - Fundort
  - Fundsituationen (Lage, Inklination, Deklination, Geologie, Grundwasser)
  - Art und Zustand der Bomben und Zünder

- Art der Maßnahme, die zum Bombenfund geführt hat (Zufallsfund, Verdachtspunkt, Verdachtsfläche, systematische Beräumung)
- verwendete Suchtechnologie
- Art der Beseitigung
- Daten der beräumten bzw. der bearbeiteten Flächen
  - Lage
  - verwendete Suchtechnologie

### 8.3.2 Nutzungsanalyse

Die Nutzungsanalyse ist Grundlage der Untersuchung der möglichen Schutzgutexposition im Falle der Detonation eines Bombenblindgängers. Ziel ist es, die Nutzungsstrukturen und -objekte im Untersuchungsgebiet zu erfassen. Für Oranienburg konnten als Basis zur Digitalisierung der Nutzungsstrukturen und -objekte digitale Orthofotos genutzt werden, die beim Landesbetrieb Landesvermessung und Geodatenbasis Brandenburg verfügbar sind. Zusätzlich wurden ein aktueller Stadtplan sowie Informationen über die Infrastruktur (Kindertagesstätten etc.) der Stadtverwaltung Oranienburg zur Datenerfassung genutzt. Weiterhin wurden die Stadtwerke Oranienburg bezüglich der Versorgungsmedien befragt und weitere Recherchen über besondere Schutzgüter wie Seniorenheime, Tankstellen u. a. durchgeführt.

Auf Basis eines GIS wurden die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Nutzungsstrukturen und -objekte anhand der Orthofotos und zusätzlichen Informationen kartiert. Dabei wurden folgende Nutzungsstrukturen und -objekte berücksichtigt:

- öffentliche Flächen (Schlosspark oder Einkaufspassagen)
- Verkehrsknotenpunkte und -flächen (Bahnhöfe, Bahntrassen, Hauptstraßen)
- öffentliche Einrichtungen (Schulen, die Kindertagesstätten, die Alten- und Pflegeheime, das Krankenhaus, die Stadtverwaltung, das Landratsamt, die Feuerwache und die Polizeiwache)
- Mehrfamilien- und Bürohäuser
- Einfamilienhäuser
- Gewerbeflächen

- Objekte der Versorgungsinfrastruktur (Heizwerke, Umspannwerk, Wasserwerk, Abwasserpumpstation, Gasverteilerstation)
- Objekte mit zusätzlichen Risiken (Tankstellen und Gasverteilerstationen)

Die Kartierung wird bei der späteren Erstellung der Schutzgutkarte verwendet.

Der Nutzungsanalyse folgt die Untersuchung der naturräumlichen Gegebenheiten.

### **8.3.3 Naturräumliche Analyse**

#### **a) Geologie des Untersuchungsgebietes**

Die Geländeoberfläche des Untersuchungsgebietes liegt zwischen 32 mNN und 51 mNN [Landkreis Oberhavel 2006]. Die Abbildung 30 zeigt die räumliche Ausprägung der oberflächennahen geologischen Strukturen:

- Fluviatile Sedimente (Sande, Kiese)
- Organische Sedimente (Torfe/Moore)
- Flugsandbildungen (Feinsand)
- Aufgefüllter Boden (Stand 1930)
- Versiegelungsflächen und Schuttablagerungen

Auf Grundlage der vorliegenden geologischen Kartenwerke konnten die verschiedenen geologischen Einheiten im Untersuchungsgebiet kleinräumig kartiert werden.

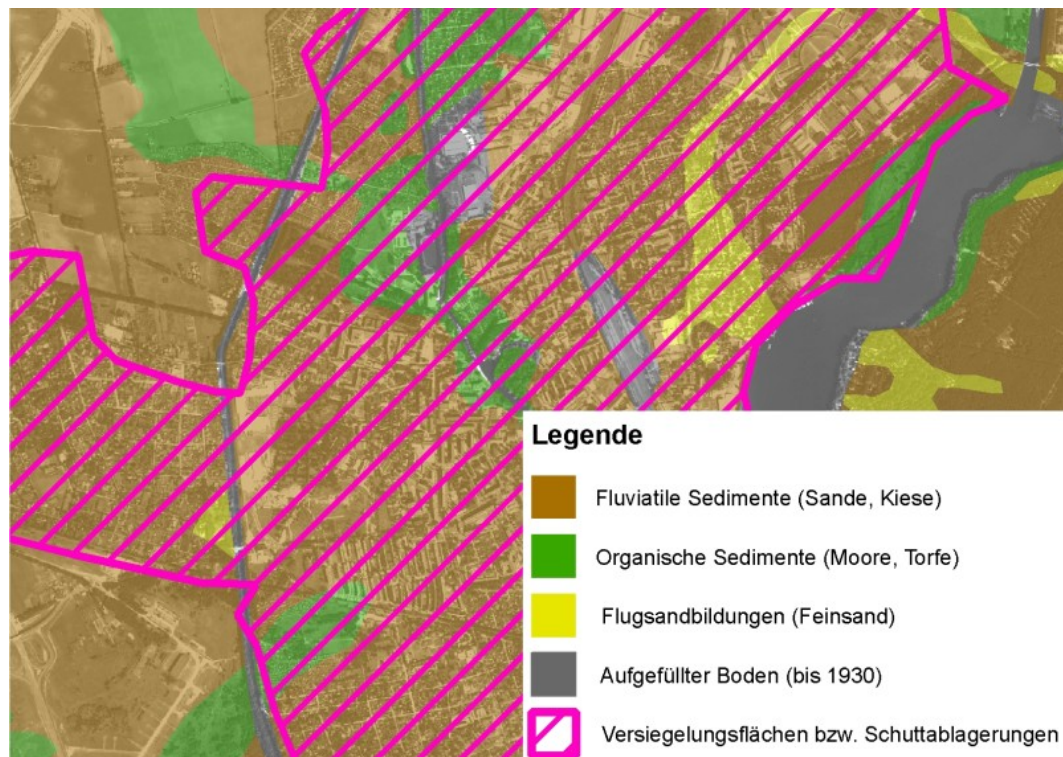


Abbildung 30: Ausschnitt der Geologie des Untersuchungsgebietes [Stackebrandt et al. 2004; Schmierer 1930]

In Oranienburg ist die oberflächennahe Geologie (bis zehn Meter unter GOK) durch quartäre Ablagerungen der Urstromtäler geprägt. Großflächig stehen fluvatile Sedimente (Sande und Kiese) an. In den Niederungen der Gewässer befinden sich organische Sedimente. In Oranienburg betrifft das die Niederungen der Havel und die Niederungen der Kanäle (Oder-Havel-Kanal, Ruppiner Kanal). Ausgeschlossen sind der Oranienburger Kanal und der Oder-Havel-Kanal nördlich des Lehnitzsees. Teilweise überlagern Bänder von Flugsanden die fluviatilen Sedimente. In Höhe der Lehnitzschleuse, nördlich des Lehnitzsees zieht sich ein unterbrochenes Band von Flugsandbildungen nach Westen bis zum Südteil der Gemarkung Sachsenhausen. Die geologische Karte aus dem Jahr 1930 zeigt weiterhin Flächen von aufgefülltem Boden. Die anthropogenen Auffüllungen erfolgten zur Nutzbarmachung der weichen, organischen Sedimente in den Niederungen der Havel und am Nordende des Lehnitzsees [Stackebrandt et al. 2004; Schmierer 1930; Schreiner 1992].

Aufgrund der anstehenden geologischen Sedimente und der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften können Vermutungen über unterschiedliche Eindringtiefen der vermuteten Bombenblindgänger angestellt werden. Weiche Sedimente, wie organische Sedimente oder Sande und Kiese setzen einer eindringenden Bombe einen geringeren mechanischen Widerstand entgegen als beispielsweise tonhaltige Böden, versiegelte oder bebaute Flächen. In den folgenden Abschnitten werden die dokumentierten Eindringtiefen der geborgenen Bombenblindgänger bezogen auf die anstehenden Sedimente untersucht (vgl. Kapitel 8.4.1 Seite 153).

## **b) Hydrologie des Untersuchungsgebietes**

Das Untersuchungsgebiet ist aufgrund seiner Lage im Haveltal großflächig durch einen geringen Grundwasserflurabstand gekennzeichnet. Im Bereich der Niederungen der Havel, der Kanäle und des Lehnitzsees betragen die Grundwasserflurabstände maximal zwei Meter. Im Bereich des von Ost nach West verlaufenden Bandes aus Flugsandablagerungen auf Höhe der Lehnitzschleuse und in Richtung der Barnimplatte (Richtung Osten) steigen die Grundwasserflurabstände örtlich bis auf acht Meter an. Bei den Erhöhungen östlich der Lehnitzschleuse beträgt der Grundwasserflurabstand bis zu zehn Meter [LGBR BRB 2001]. Die Grundwasserfließrichtung im Untersuchungsgebiet zeigt generell in Richtung der Gewässer Lehnitzsee, Havel und Oder-Havel-Kanal (südlich des Lehnitzsees) [Landkreis Oberhavel 2006].

Aufgrund der geringen Grundwasserflurabstände im gesamten Untersuchungsgebiet ist grundsätzlich mit einer Ausbreitung der Druckwelle nach einer Bombendetonation über den Grundwasserpfad zu rechnen.



### **8.3.4 Literaturrecherche**

Die Datenrecherche für das Untersuchungsgebiet Oranienburg umfasste ebenfalls eine Literaturrecherche. Der Schwerpunkt lag auf der Recherche von Informationen bezüglich der Gefährlichkeit von chemischen Langzeitzündern. Wie in Kapitel 7.2 beschrieben ist die Beschaffung dieser Literatur schwierig, da sie der militärischen Geheimhaltung unterlag. Alle Werke bezüglich von Bombenzündern, die recherchiert wurden, stammen von Feuerwerkern bzw. ehemaligen Feuerwerkern. Die Ergebnisse sind bei der Beurteilung der Gefahren durch Bombenblindgänger mit chemischen Langzeitzündern in Kapitel 6.3 eingegangen.

## **8.4 Erfahrungen aus den Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet**

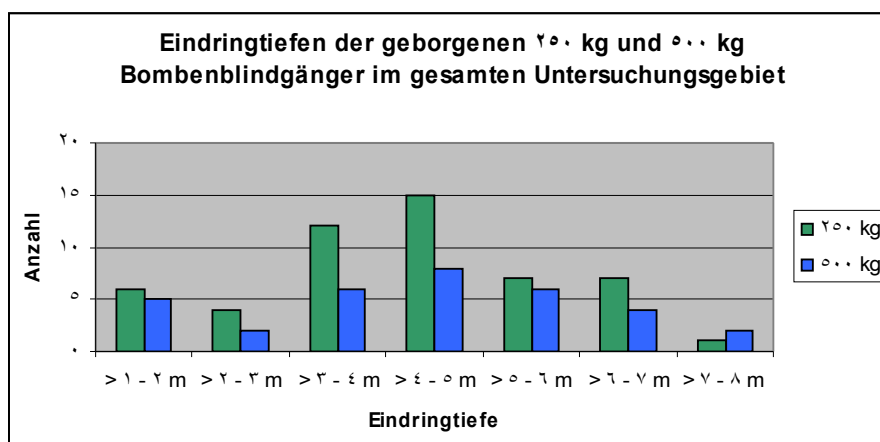
In den vorangegangenen Kapiteln wurde umfassend beschrieben, dass die schädliche Wirkung einer Bombendetonation stark von der Tiefe eines Blindgängers im Untergrund abhängt. Die Mächtigkeit der mit der Eindringtiefe verbundenen Erdüberlagerung eines Blindgängers ist maßgeblich für die Ausbreitung der Druckwelle und der Splitterwirkung. In den letzten 17 Jahren wurde in Oranienburg eine Vielzahl von Bombenblindgängern beseitigt, deren Fundorte, -tiefe und -situation dokumentiert wurde. Aufgrund der Datenlage ist zu überprüfen, inwieweit die aufgefundenen Eindringtiefen mit den Fundsituationen (z. B. Bodenart) korrelierbar sind und Schlussfolgerungen für die noch vermuteten Bombenblindgänger getroffen werden können. Zusätzlich können die tatsächlichen Fundorte der Bombenblindgänger und der dazu gehörigen Verdachtspunkte verglichen werden, um die nachgewiesenen Abweichungen bei zukünftigen Verdachtspunktuntersuchungen berücksichtigen zu können.

### **8.4.1 Eindringtiefe der Bombenblindgänger**

Die Eindringtiefe von Bomben ist, neben der Energie der Bombe bei dem Auftreffen, von der Oberflächengestaltung und der Geologie abhängig. Die Energie der Bombe, der Impuls, resultiert aus der Bombenmasse und der Auftreffgeschwindigkeit, die von der Flughöhe des abwerfenden Flugzeuges abhängt. Beim Angriff auf Oranienburg am 15. März 1945 flogen die Flugzeuge beispielsweise in einer Höhe von 6.000 m bis 8.000 m. Daraus ist abzuleiten, dass die Bomben mit Geschwindigkeiten größer 250 km/h auf den Boden aufgetroffen sind [Rühle 1943; Peyer 1937]. Entscheidend für das Eindringen von Bomben in den Boden ist der Widerstand bzw. die vom Boden verursachte Reibung. Bodeneigenschaften, die den Widerstand des Bodens gegenüber mechanischen Einwirkungen beeinflussen, sind beispielsweise die Korngrößenverteilung, die Lagerungsdichte oder der Wassergehalt [Lang et al. 2003]. Dabei gilt, dass je größer der Reibungswiderstand des Bodens ist, desto geringer ist die Eindringtiefe.

Oberflächennahe Befestigungen wie Straßen oder bauliche Anlagen bieten den auftreffenden Bomben einen sehr großen mechanischen Widerstand, der – sofern Blindgänger auftreten – häufig zu so genannten Zerschellern (Bomben, deren Körper mechanisch zerstört wurde, bei denen Stahlhülle und Sprengstofffüllung aber noch erhalten sind) mit geringen Eindringtiefen führt.

Seit 1991 wurden die Bergungen von Bombenblindgängern im Untersuchungsgebiet durch den zuständigen Kampfmittelbeseitigungsdienst umfangreich dokumentiert. Aus den zur Verfügung gestellten Räumprotokollen von insgesamt 123 zwischen 1991 und 2007 in Oranienburg geborgenen Bombenblindgängern konnten für insgesamt 85 Bombenblindgänger Angaben zur Eindringtiefe sowie weitere Informationen zur Fundsituation gewonnen werden. Die Eindringtiefen der im Untersuchungsgebiet beräumten Bomben (250 und 500 kg) sind in den Diagrammen in der Abbildung 31 dargestellt.



*Abbildung 31: Eindringtiefen der im Untersuchungsgebiet geborgenen 250 kg und 500 kg Bombenblindgänger (von den 76 geborgenen 250 kg Blindgängern wurden bei 52 Stück die Eindringtiefen dokumentiert; von den 47 geborgenen 500 kg Blindgängern wurden bei 33 Stück die Eindringtiefen dokumentiert) [KMBD BRB 1991-2007]*

Grundsätzlich zeigt sich, dass, unabhängig von den Kalibern der Blindgänger, eine breite Streuung der Eindringtiefe zwischen einem Meter und acht Metern unter Geländeoberkante (GOK) vorhanden ist. Auffällig sind die Anhäufungen von

Blindgängern beider Bombenkaliber im Bereich von ein bis zwei Meter unter GOK. Hier handelt es sich zum großen Teil (drei von sechs bei den 250 kg und vier von fünf bei den 500 kg Blindgängern) um Zerscheller. Die meisten 250 kg Blindgängern weisen Eindringtiefen von drei bis fünf Meter unter GOK auf. Für die 500 kg Bombenblindgänger ist eine breitere Streuung der dokumentierten Eindringtiefen feststellbar. Die meisten Blindgänger diesen Typs wurden in einer Tiefe von drei bis sechs Meter unter GOK aufgefunden. Zur vertiefenden weiteren Untersuchung der Eindringtiefen der Bomben im Untersuchungsgebiet ist die Betrachtung bezogen auf diskrete geologische Strukturen notwendig.

In Tabelle 14 ist die Verteilung der Bombenblindgänger bezogen auf die, in der naturräumlichen Analyse festgestellten, diskreten geologischen Einheiten zusammengestellt.

*Tabelle 14: Statistik der Eindringtiefen der geborgenen Bombenblindgänger (250 kg und 500 kg) im Untersuchungsgebiet (zwei 250 kg Bombenblindgänger wurden im Lehnitzsee gefunden und sind keiner geologischen Einheit zugeordnet) [KMBD BRB 1991-2007]*

Geologische Einheit	Bomben-art	Anzahl	Minimale Tiefe	Maximale Tiefe	Mittelwert
<b>Gesamtes Untersuchungs- gebiet</b>	250 kg	52	1,1 m	7,25 m	4,3 m
	500 kg	33	1,5 m	7,5 m	4,4 m
<b>Fluvatile Sedimente (Sande, Kiese)</b>	250 kg	25	1,1 m	7 m	3,7 m
	500 kg	8	1,8 m	4,6 m	3,0 m
<b>Organische Sedimente (Moore, Torf)</b>	250 kg	23	1,5 m	7,25 m	4,1 m
	500 kg	20	3,2 m	7,5 m	5,3 m
<b>Flugsandbildungen (Feinsand)</b>	250 kg	1	4,6 m	4,6 m	4,6 m
	500 kg	4	1,5 m	3,5 m	2 m
<b>Aufgefüllter Boden (bis 1930)</b>	250 kg	1	5 m	5 m	5 m
	500 kg	1	5,5 m	5,5 m	5,5 m

Es wird deutlich, dass der Großteil der bisher beräumten Bombenblindgänger in den fluvialen Sedimenten (Sande, Kiese) der Urstromtäler und in den organischen Sedimenten (Moore/Torfe) der Niederungen der Gewässer gefunden wurde. Zusätzlich sind in Tabelle 14 die minimalen, die maximalen sowie die Mittelwerte der

Eindringtiefen der geborgenen Blindgänger in den einzelnen diskreten geologischen Einheiten dargestellt.

In den organischen Sedimenten, die einer einschlagenden Bombe aufgrund ihrer Beschaffenheit einen wesentlich geringeren Widerstand bieten, erreichten die Bomben größere Eindringtiefen (250 kg bis 7,25 m; 500 kg bis 7,5 m) als in den fluviatilen Sedimenten. Die 500 kg Bomben erreichten in den organischen Sedimenten (mittlere Eindringtiefe 5,3 m) durchschnittlich eine um 2,3 m größere Eindringtiefe als in den fluviatilen Sedimenten (mittlere Eindringtiefe 3 m). Die 250 kg Bomben erreichten in den organischen Sedimenten (mittlere Eindringtiefe 3,7 m) durchschnittlich eine um 0,4 m größere Eindringtiefe als in den fluviatilen Sedimenten (mittlere Eindringtiefe 4,1 m). Das ist eine weitaus geringere Differenz als im Vergleich zu den 500 kg Bomben. Bemerkenswert ist, dass die 250 kg Bomben in den Sanden und Kiesen der Urstromtäler durchschnittlich um 0,7 m tiefer eindringen als die 500 kg Bomben. Hier wird deutlich, dass die mit dem größeren Kaliber verbundene größere Aufschlagsenergie nicht proportional zur Eindringtiefe ist, da die mit dem größeren Bombendurchmesser verbundene Reibung im Boden ebenfalls steigt [Peyer 1937]. Dieser Sachverhalt ist jedoch nur für die geologische Einheit der fluviatilen Sedimente feststellbar.

Zur Untersuchung der möglichen Korrelation der dokumentierten Eindringtiefen mit den diskreten geologischen Einheiten ist die Untersuchung der Verteilung der Eindringtiefen in den geologischen Einheiten bezogen auf das Bombenkaliber notwendig. In der Abbildung 32 sind die Eindringtiefen der geborgenen 250 kg und 500 kg Bombenblindgänger in fluviatilen Sedimenten dargestellt.

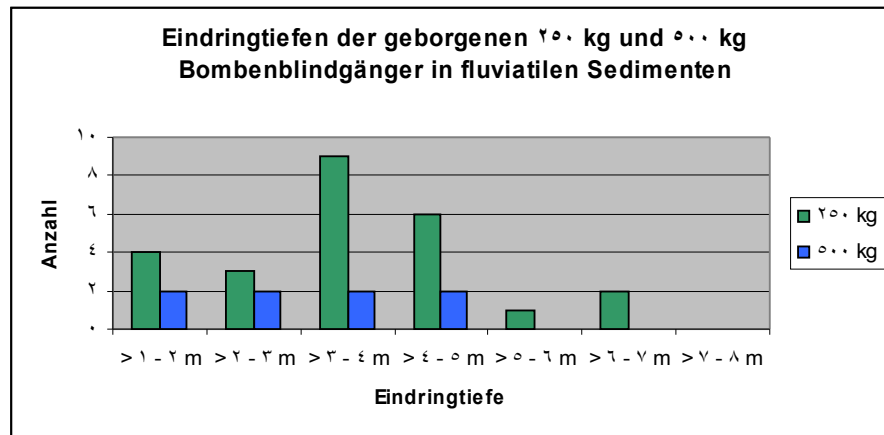
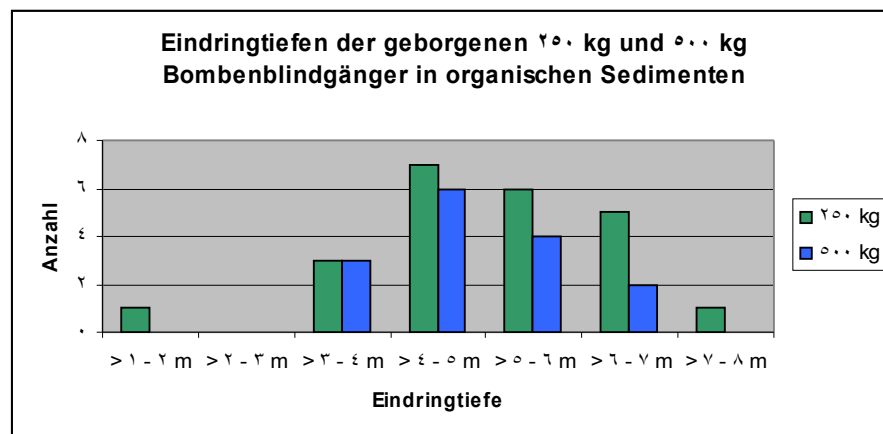


Abbildung 32: Eindringtiefen der 25 beräumten 250 kg sowie 8 beräumten 500 kg Bombenblindgänger in fluviatilen Sedimenten im Untersuchungsgebiet [KMBD BRB 1991-2007; LGBR BRB 2003; Schmierer 1930]

Für die 250 kg Blindgänger lässt sich in den fluviatilen Sedimenten eine Häufung bei drei bis vier Meter Eindringtiefe feststellen, jedoch wurden auch Blindgänger in geringen Tiefen gefunden, so dass keine Schlussfolgerung gezogen werden kann, ab welcher Tiefe Blindgänger erwartet werden können. Die maximale festgestellte Tiefe beträgt sieben Meter. Für die Gefährdungsabschätzung muss immer von der geringsten dokumentierten Eindringtiefe ausgegangen werden, da in diesem Fall bei einer Detonation aufgrund der geringeren Überdeckung die größten Schäden zu erwarten sind. Für die 500 kg Blindgänger sind wegen der geringen Anzahl und der gleichmäßigen Verteilung keine Aussagen über typische Eindringtiefen in fluviatilen Sedimenten möglich. Lediglich die maximale Eindringtiefe von 4,6 m wird ersichtlich.

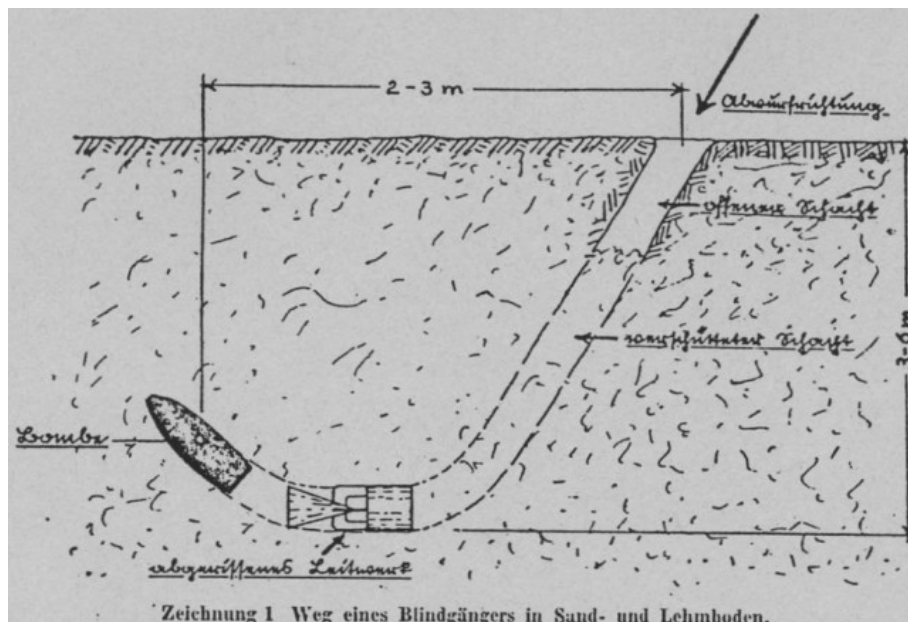
Für die Verteilung der Eindringtiefen der Bombenblindgänger in den weichen organischen Sedimenten (Abbildung 33) lässt sich dagegen feststellen, dass fast alle Blindgänger in Tiefen größer drei Meter gefunden wurden. Die einzelne Bombe im Bereich ein bis zwei Meter unter GOK ist als Zerscheller dokumentiert worden, der unter einer Pflasterstraße gefunden wurde. Die Auswertung bestätigt, dass die absoluten Eindringtiefen von Bombenblindgängern in organischen Sedimenten größer sind als in fluviatilen Sedimenten. Grundsätzlich ist aber, wie bereits erörtert, für die Gefährdungsabschätzung von der geringsten zu erwartenden Tiefe eines Bombenblindgängers auszugehen. In diesem Zusammenhang ist der Unterschied zwischen den Bomben in fluviatilen und organischen Sedimenten dann als nicht signifikant anzusehen.



*Abbildung 33: Eindringtiefen der 23 beräumten 250 kg sowie 15 beräumten 500 kg Bombenblindgänger in organischen Sedimenten im Untersuchungsgebiet [KMBD BRB 1991-2007; LGBR BRB 2003; Schmierer 1930]*

Die Bombenblindgänger dringen in der Regel nicht senkrecht in den Boden

Entsprechend dem Auftreffwinkel dringt die Bombe in die Tiefe vor und driftet von der Einschlagstelle ab. Die mittlere Abweichung der Lage der Bombe von der aus Kriegsluftbildern ermittelten und im Gelände eingemessenen Einschlagstelle zum tatsächlichen Fundort beträgt im Untersuchungsgebiet zwölf Meter. Aufgrund der Orientierung der meisten Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet mit der Spitze nach oben ist es als bewiesen anzusehen, dass Bombenblindgänger nicht unmittelbar am Einschlagort anzutreffen sind. Allerdings ist die Unterscheidung, welcher Anteil der Abweichung zwischen ermitteltem Einschlagort und eingemessenem Fundort auf den von dem Bombenblindgänger im Boden zurückgelegten Weg und welcher auf Verzerrungen in den Luftbildern (Abweichungen in der Georeferenzierung) zurückzuführen ist, nicht möglich [STMBD BRB 2001]. Eine Abschätzung der zu erwartenden Abdrift ist damit nicht durchführbar. Abbildung 34 illustriert den Weg einer Bombe in Sand- und Lehm Boden.



*Abbildung 34: Weg eines Bombenblindgängers im Sand- und Lehmboden [NNb]*



Es wird deutlich, dass die Lage der Bomben im Untergrund aufgrund des Aufprallwinkels von der Einschlagstelle abweicht. Dadurch, dass die konisch geformte Spitze des Bombenkörpers geneigt auf die Bodenoberfläche auftrifft, driften die Bomben nach Eindringen in den Boden wieder in Richtung Oberfläche. Diese Fundsituation ist im Untersuchungsgebiet häufig angetroffen worden. Aufgrund des Abdriftens der Bomben ist es möglich, dass sich Bombenblindgänger unter Häusern befinden. Eine zweite Ursache für den Fund von Bombenblindgängern unter Gebäuden kann darin liegen, dass Bombenblindgänger nach dem Krieg aufgrund unzureichender Kampfmittelsondierung überbaut wurden.

Das Abdriften der Bomben von der Einschlagstelle macht bei der geophysikalischen Untersuchung von Verdachtspunkten die Einbeziehung des Umfeldes der Einschlagstelle notwendig.

## **8.5 Bewertung und Kartierung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern und der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet Oranienburg**

Auf Grundlage der Daten aus der Datenrecherche können für das Untersuchungsgebiet die Gefahren durch Bombenblindgänger und die Schutzgüter bewertet, differenziert und kartiert werden.

### **8.5.1 Bewertung, Differenzierung und Kartierung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern**

Zur Bewertung der Gefahren konnten aus der Luftbildauswertung Bombentrichter, Verdachtspunkte und -flächen zur Definition der Blindgängerdichte sowie die recherchierten „Bombplots“ zur Ableitung des Verdachtsgebietes für Blindgänger mit LZZ herangezogen werden.

Im Rahmen der Auswertung von historischen Luftbildern wurden Verdachtspunkte für Bombenblindgänger, Bombentrichter und Verdachtsflächen (Flächen mit so hoher Trichterichte bzw. Zerstörungen, dass eine Identifizierung einzelner Trichter nicht mehr möglich ist) digitalisiert. Diese räumlichen Informationen der Ergebnisse der Luftangriffe sind als Zusammenfassung aller Luftangriffe zu bewerten, dass heißt, die Verdachtspunkte etc. können keinem konkreten Angriffsdatum zugeordnet werden. Sie repräsentieren die Bereiche, die bei den Luftangriffen tatsächlich von Bombeneinschlägen und -detonationen betroffen waren, und wo dementsprechend mit Bombenblindgängern gerechnet werden muss. Für alle anderen Bereiche im Untersuchungsgebiet sind keine Erkenntnisse über ein mögliches Blindgängerinventar vorhanden.

Eine hohe Konzentration von Trichtern, Verdachtspunkten bzw. Verdachtsflächen lässt auf eine hohe Einschlagdichte von Bomben und entsprechend eine hohe Anzahl von Bombenblindgängern schließen. In Abbildung 35 ist die interpolierte Trichterichte und Verdachtspunktdichte im Zentrum des Untersuchungsgebietes dargestellt. Im Innenstadtbereich war die Konzentration von Bombentrichtern mit über 1.000 Trichtern je km<sup>2</sup> (grün) besonders hoch. Die Verteilung der Verdachtspunkte für Bomben-

blindgänger ist ähnlich wie die der Trichter. Im Innenstadtbereich, in dem die Verdachtspunktdichte mit  $> 300$  Stück je  $\text{km}^2$  nachgewiesen wurde (rot umrandete Polygone) sind auch die höchsten Trichterdichten mit  $> 500$  Stück je  $\text{km}^2$  (grün markierte Bereiche) vorhanden.

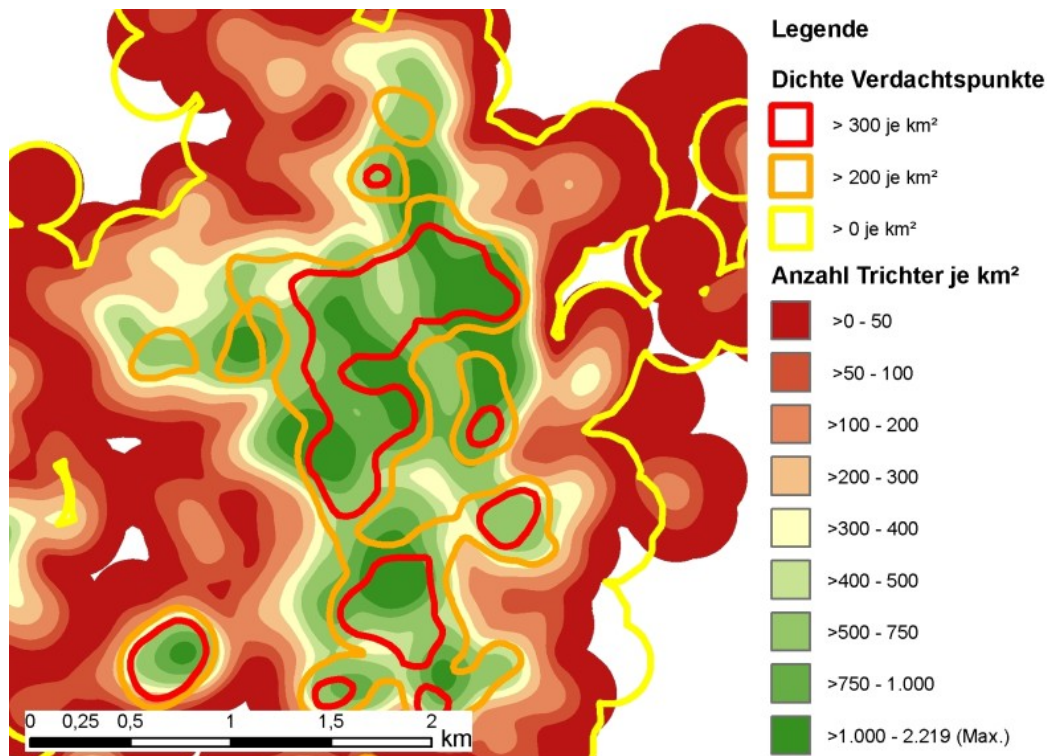


Abbildung 35: Ausschnitt der interpolierten Dichten der Trichter und Verdachtspunkte für Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet [Datengrundlage KMBD BRB 2006]

Die Auswertung der flächenbezogenen Dichte der Trichter, der Verdachtspunkte und ihre Differenzierung ermöglicht es, stärker und weniger intensiv bombardierte Bereiche im Verdachtsgebiet zu unterscheiden. Auf dieser Grundlage wurde folgende Differenzierung des Untersuchungsgebietes in vier Gruppen mittels Verschneidung der Trichter- und Verdachtspunktdichten vorgenommen:

- Trichterdichte  $> 750$  Trichter je  $\text{km}^2$ , Verdachtspunktdichte  $> 300$  Verdachtspunkte je  $\text{km}^2$ , Verdachtsflächen
- Trichterdichte  $\leq 750$  Trichter je  $\text{km}^2$  und  $> 300$  Trichter je  $\text{km}^2$ , Verdachtspunktdichte  $\leq 300$  Verdachtspunkte je  $\text{km}^2$  und  $> 200$  Verdachtspunkte je  $\text{km}^2$

- Trichterdichte  $\leq 300$  Trichter je km<sup>2</sup> und  $> 0$  Trichter je km<sup>2</sup>, Verdachtspunktdichte  $\leq 200$  Verdachtspunkte je km<sup>2</sup> und  $> 0$  Verdachtspunkte je km<sup>2</sup>
- Trichterdichte = 0, Verdachtspunktdichte = 0

Die Auswahl der Klassen wurde unter Berücksichtigung des Spektrums und der räumlichen Verteilung der Trichter- und Verdachtspunktdichten im Untersuchungsgebiet vorgenommen.

Durch die Anwendung dieser Methode konnte das Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Intensität der Bombardierungen, im Umkehrschluss bezogen auf die erwartete Blindgängerdichte, klassifiziert werden.

Zusätzlich ist auf Grundlage der recherchierten „Bombplots“ eine Differenzierung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich des Verdachts auf Bombenblindgänger mit LZZ möglich. Diese Differenzierung ist für Bomben mit LZZ möglich, weil bei der Archivrecherche nachgewiesen werden konnte, dass diese nur bei einem Angriff auf das Untersuchungsgebiet eingesetzt wurden. Es ist anzumerken, dass die „Bombplots“, aufgrund der Flughöhe der Bomber und des daraus folgenden großen Maßstabes bei der Dokumentation, Lageungenauigkeiten aufweisen. Diese können jedoch im Folgenden durch den Abgleich der Informationen mit den Ergebnissen der Kampfmittelbeseitigung berücksichtigt werden. Dazu werden, die in den „Bombplots“ ausgewiesenen, Trefferbereiche für Bomben mit LZZ mit der Lage der beräumten Bombenblindgänger verglichen. Zur Untersuchung der Abweichung wurden die Trefferbereiche mit insgesamt 300 m gepuffert. Dieser Pufferbereich wurde festgelegt, da 99 % der im Untersuchungsgebiet aufgefundenen Bombenblindgänger mit LZZ maximal 300 m außerhalb der Grenzen der Trefferbereiche des „Bombplots“ lagen. In Abbildung 36 sind auszugsweise die Trefferbereiche, die Pufferbereiche und die Fundorte der geborgenen Blindgänger dargestellt.

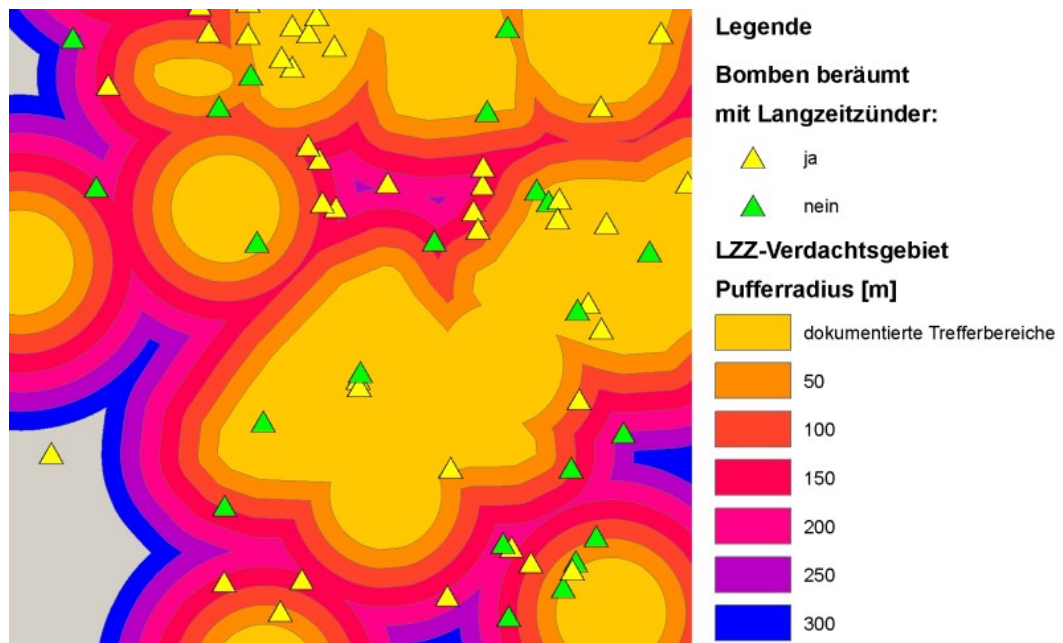


Abbildung 36: Ausschnitt der Darstellung der Trefferbereiche von mit chemischen Langzeitzündern (LZZ) bezünderten Bomben entsprechend des „Bombplots“ mit einer Pufferung von 6 x 50 m und eingezeichneten Fundorten von beräumten Bomben [KMBD BRB 2006, USAAF 1945a]

Zur detaillierten Auswertung der Abweichungen der in den „Bombplots“ kartierten Trefferbereiche ist in Tabelle 15 und Abbildung 37 die Verteilung der geborgenen Großbomben auf die dokumentierten Trefferbereiche und die definierten Pufferzonen dargestellt. Es wird deutlich, dass ca. 41 % der geborgenen Bombenblindgänger mit LZZ in den Trefferbereichen liegen. Weitere 50 % liegen im Pufferbereich von 150 m um die Trefferbereiche. Zirka 8 % der geborgenen Bomben mit LZZ befinden sich im Pufferbereich von 150 m bis 300 m. Ein geborgener Bombenblindgänger mit LZZ (1 %) konnte von der Pufferung nicht erfasst werden; er befindet sich ca. 60 m außerhalb der Pufferung.

Tabelle 15: Verteilung der beräumten Bombenblindgänger in dem von der 8. USAAF dokumentierten Trefferbereichen und den angefügten Pufferzonen

Anzahl Großbomben	Trefferbereich	0-50 m	50-100 m	100-150 m	150-200 m	200-250 m	250-300 m	innerhalb	außerhalb	gesamt
ohne LZZ	19	9	7	4	1	3	1	44	7	51
mit LZZ	32	12	13	14	5	0	1	77	1	78
gesamt	51	21	20	18	6	3	2	121	8	129
Verteilung	41 %	15 %	17 %	18 %	7 %	0 %	1 %	99 %	1 %	100 %

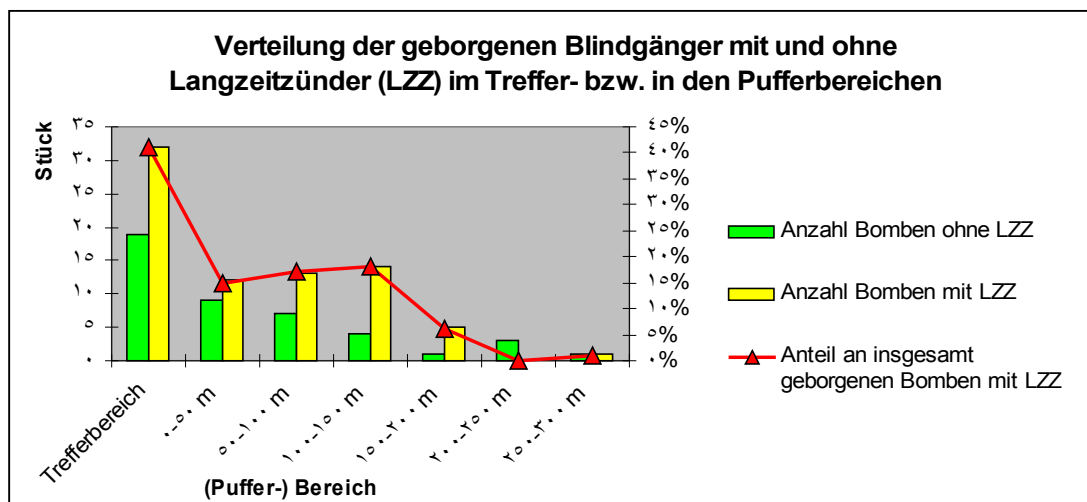


Abbildung 37: Diagramm der Verteilung der geborgenen Bombenblindgänger nach Bezündung des im "Bombplot" vom 15.03.1945 ausgewiesenen Trefferbereichen für Bomben mit chemischen Langzeitzünder (LZZ) und in den angefügten Pufferbereichen

Die Auswertung der historischen Informationen und ihr Abgleich mit den Ergebnissen der Kampfmittelbeseitigung im Untersuchungsgebiet lässt zur Differenzierung der Verdachtsbereiche hinsichtlich der Bezünderung folgende Schlussfolgerungen zu:

- In dem Bereich, der von den dokumentierten Trefferbereichen plus einem Puffer von 150 m liegen, waren ca. 90 % der geborgenen Blindgänger mit LZZ. Für diesen Bereich ist ein hoher Verdacht auf das Vorhandensein von weiteren Blindgängern mit LZZ festzustellen.
- In dem Pufferbereich von 150 bis 300 m befinden sich ca. 8 % der geborgenen Bombenblindgänger mit LZZ. Hier ist der Verdacht auf blindgegangene Bomben mit LZZ zu folgern.
- Außerhalb der dokumentierten Trefferbereiche und der Pufferung befindet sich nur einer von 78 mit LZZ ausgestatteten geborgenen Bombenblindgängern. Hier kann kein Verdacht auf Bombenblindgänger mit LZZ geschlussfolgert werden.

Zur flächenhaften Klassifizierung der Gefahren im Untersuchungsgebiet wurden die recherchierten historischen Informationen, die Ergebnisse der Luftbildauswertung und die Erfahrungen aus der Kampfmittelbeseitigung hinsichtlich ihrer Aussagekraft untersucht. Folgende Flächenmerkmale wurden zur räumlichen Differenzierung der Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern im Untersuchungsgebiet genutzt:

- Merkmale zur qualifizierten Abschätzung der Blindgängerdichte im Untersuchungsgebiet:
  - sehr hoher Verdacht auf Blindgänger (sehr hohe Dichte Trichter ( $> 750$  je  $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $> 300$  je  $\text{km}^2$ ) sowie Vorhandensein von Verdachtsflächen)
  - hoher Verdacht auf Blindgänger (hohe Dichte Trichter ( $\leq 750$  und  $> 300$  Stück je  $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $\leq 300$  und  $> 200$  Stück je  $\text{km}^2$ ),
  - Verdacht auf Blindgänger (Dichte Trichter ( $\leq 300$  und  $> 0$  je  $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $\leq 200$  und  $> 0$  je  $\text{km}^2$ ))
  - kein Verdacht auf Blindgänger (keine Trichter oder Verdachtspunkte vorhanden)
- Merkmale zur qualifizierten Abschätzung der Verdachtsbereiche für

Bombenblindgänger mit LZZ:

- hoher Verdacht auf Blindgänger mit LZZ (Trefferbereich plus Puffer bis 150 m, 90 % der seit 1991 geborgenen LZZ-Bomben)
- Verdacht auf Blindgänger mit LZZ (Puffer Trefferbereich 150 m bis 300 m, 7 % der seit 1991 geborgenen LZZ-Bomben)
- kein Verdacht auf Blindgänger mit LZZ

Durch Verschneidung der Flächen mit ausgewählten Merkmalen können Gefahrenklassen generiert und kartiert werden. Mittels der Kartierung wird jedem Ort im Untersuchungsgebiet eine Gefahrenklasse zugeordnet. Die Gesamtfläche wird in Teilflächen unterschiedlicher Gefahrenklassen zerteilt. Den Klassen werden entsprechend ihres Gefahrenpotenzials Kennwerte (KW) zugeordnet, die nachfolgend zur Erstellung einer Gefährdungskarte des Untersuchungsgebietes notwendig sind. Je höher der Kennwert, desto größer ist die Gefahr. Die größte Gefahr wird mit dem Kennwert 5 beschrieben. Die folgenden Gefahrenklassen wurden festgelegt.

#### **Gefahrenklasse Kennwert = 5**

Diese Teilfläche resultiert aus der Schnittmenge der Flächen mit hohem Verdacht auf das Vorhandensein von Blindgängern mit LZZ (Trefferbereich plus 150 m Puffer, 90 % der seit 1991 geborgenen LZZ-Bomben), der Flächen mit sehr hoher Dichte von Trichtern ( $> 750$  je  $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkten ( $> 300$  je  $\text{km}^2$ ) sowie dem Vorhandensein von Verdachtsflächen. Hier können die höchsten Konzentrationen von Bombeneinschlägen im Untersuchungsgebiet festgestellt werden, bei denen die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von Bombenblindgängern mit LZZ am größten ist. Diese Fläche muss aufgrund der von ihr ausgehenden Gefahr als das Untersuchungsgebiet mit dem größten Gefahrenpotenzial behandelt werden.

#### **Gefahrenklasse Kennwert = 4**

Der sich anschließende Bereich mit hohem Verdacht auf das Vorhandensein von Blindgängern mit LZZ (Pufferbereich 150 - 300 m, 7 % der seit 1991 geborgenen LZZ-Bomben) und den Flächen mit hohem Verdacht auf Blindgänger aufgrund der hohen Dichte der Trichter ( $\leq 750$  und  $> 300$  Stück je  $\text{km}^2$ ) und der Verdachtspunkte ( $\leq 300$  und  $> 200$  Stück je  $\text{km}^2$ ) muss ebenfalls als sehr gefährlich eingestuft werden.



### **Gefahrenklasse Kennwert = 3**

Der restliche Bereich, in dem aufgrund der historischen Informationen und den Ergebnissen der Kampfmittelbeseitigung mit dem Vorhandensein von Blindgängern mit LZZ zu rechnen ist, ist der Bereich, in dem die Trichterichte  $\leq 300$  Stück je km<sup>2</sup> und die Verdachtspunktdichte  $\leq 200$  Stück je km<sup>2</sup> beträgt.

### **Gefahrenklasse Kennwert = 2**

Neben den Verdachtsbereichen auf das Vorhandensein von Bombenblindgängern mit LZZ gibt es Verdachtsbereiche auf Bombenblindgänger, bei denen keine Informationen auf den Einsatz von LZZ hinweisen und die Erfahrungen der Kampfmittelbeseitigung nichts Gegenteiliges zeigen. Dieser Bereich des Untersuchungsgebietes kann auch aufgrund der Dichte von Trichtern und Verdachtspunkten hinsichtlich des Verdachtes auf Bombenblindgänger differenziert werden.

Die Teilflächen, bei denen aufgrund der hohen Dichte der Trichter ( $> 300$  Stück je km<sup>2</sup>) und der Verdachtspunkte ( $> 200$  Stück je km<sup>2</sup>) sowie dem Vorhandensein von Verdachtsflächen ein hoher Verdacht auf das Vorhandensein von Blindgängern zugrunde gelegt wird, werden der Gefahrenklasse mit dem KW 2 zugeordnet.

### **Gefahrenklasse Kennwert = 1**

Zuletzt gibt es einen großen Flächenanteil des Untersuchungsgebietes, auf dem die Einwirkung von Abwurfmunition im Zweiten Weltkrieg aufgrund von Trichter und Verdachtspunkten nachgewiesen werden kann. Die Dichte der Trichter ( $\leq 300$  Stück je km<sup>2</sup>) und der Verdachtspunkte ( $< 200$  Stück je km<sup>2</sup>) ist größer null.

### **Gefahrenklasse Kennwert = 0**

In diesem Bereich des Untersuchungsgebietes kann aufgrund der Luftbildauswertung und der Erfahrungen der Kampfmittelbeseitigung kein Verdacht auf Bombenblindgänger begründet werden.

In der folgenden Tabelle 16 ist die Differenzierung des Untersuchungsgebietes, entsprechend der Gefahren aufgrund der Gefahrenquelle, in die sechs aufgezählten Klassen als Übersicht dargestellt. Entsprechend ihrer Gefährlichkeit werden den Klassen Kennwerte (KW) zugeordnet (KW = 5 sehr gefährlich; KW = 0 ungefährlich).

*Tabelle 16: Übersicht der Gefahrenklassen im Untersuchungsgebiet*

<b>Gefahrenklasse bzw. Kennwert</b>	<b>Merkmale</b>
<b>5</b>	Sehr hoher Verdacht auf LZZ <u>und</u> hohe Dichte Trichter (> 750 Stück je km <sup>2</sup> ) und Verdachtungspunkte (> 300 Stück je km <sup>2</sup> ) sowie Verdachtsflächen
<b>4</b>	Sehr hoher Verdacht auf LZZ <u>und</u> hohe Dichte Trichter ( $\leq 750$ und > 300 Stück je km <sup>2</sup> ) und Verdachtungspunkte ( $\leq 300$ und > 200 Stück je km <sup>2</sup> )
<b>3</b>	Restfläche hoher Verdacht auf LZZ und Verdacht auf LZZ, unabhängig von Trichterichte
<b>2</b>	Restfläche hohe Dichte Trichter (> 300 je km <sup>2</sup> ) und Verdachtungspunkte (> 200 je km <sup>2</sup> ) sowie Verdachtsflächen
<b>1</b>	Geringe Dichte Trichter ( $\leq 300$ je km <sup>2</sup> und < 0 km <sup>2</sup> ) und Verdachtungspunkte ( $\leq 200$ je km <sup>2</sup> und < 0 km <sup>2</sup> )
<b>0</b>	Kein Verdacht

Die Abbildung 38 zeigt einen Ausschnitt der Gefahrenkarte für das Untersuchungsgebiet für die Gefahrenklassen mit den Kennwerten 0 bis 5. Es wird deutlich, dass die Gefahr aufgrund blindgegangener Bomben im Innenstadtbereich (Angriffsziel Bahnhof, dunkelrot) durch den Einsatz von Bomben mit LZZ am größten ist. Für den Bereich des ehemaligen Flugplatzes Annahof (gelber Bereich südwestlich des Zentrums) sind ebenfalls Gefahren aufgrund von blindgegangener Abwurfmunition kartiert. Da hier keine Bomben mit LZZ zum Einsatz kamen, wird die Gefahr geringer bewertet. Hellgrün sind Bereiche der Gefahrenklasse mit dem Kennwert 1 markiert. Hier ist mit einzelnen Bombenblindgängern ohne LZZ zu rechnen. Für die dunkelgrünen Bereiche mit dem Kennwert 0 sind keine Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern bekannt.

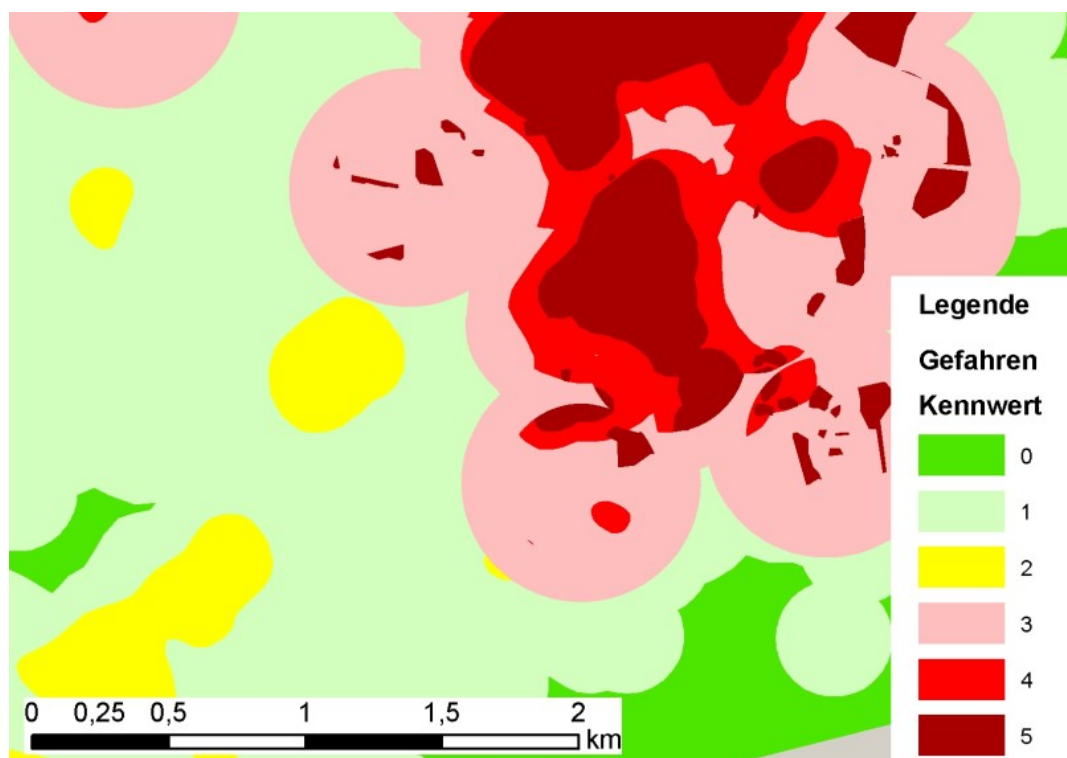


Abbildung 38: Ausschnitt der Gefahrenkarte für das Untersuchungsgebiet

### **8.5.2 Bewertung, Differenzierung und Kartierung der Schutzgüter**

Wie im Rahmen der Nutzungsanalyse beschrieben, wurden im GIS folgende Nutzungsstrukturen und Objekte kartiert:

- öffentliche Flächen (Schlosspark oder Einkaufspassagen)
- Verkehrsknotenpunkte und -flächen (Bahnhöfe, Bahntrassen, Hauptstraßen)
- öffentliche Einrichtungen (Schulen, die Kindertagesstätten, die Alten- und Pflegeheime, das Krankenhaus, die Stadtverwaltung, das Landratsamt, die Feuerwache und die Polizeiwache)
- Mehrfamilien- und Bürohäuser
- Einfamilienhäuser
- Gewerbeflächen
- Objekte der Versorgungsinfrastruktur (Heizwerke, Umspannwerk, Wasserwerk, Abwasserpumpstation, Gasverteilerstation)
- Objekte mit zusätzlichen Risiken (Tankstellen und Gasverteilerstationen)

In Abbildung 39 ist die Kartierung der Strukturen für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes dargestellt.

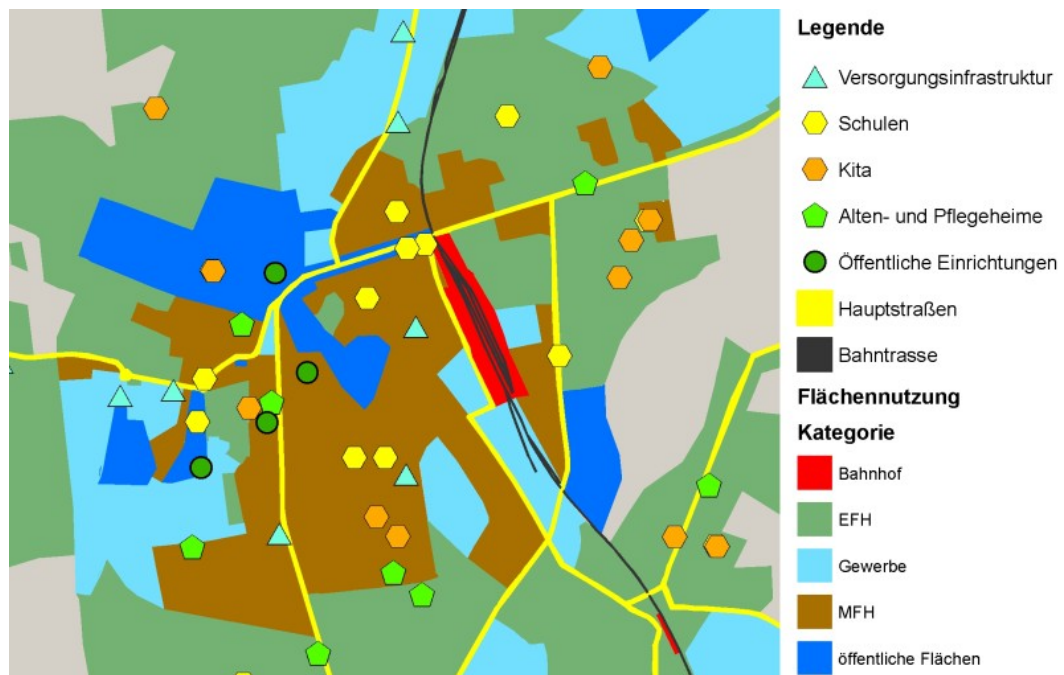


Abbildung 39: Darstellung der Schutzgüter im Zentrum des Untersuchungsgebietes, EFH – Einfamilienhäuser, MFH – Mehrfamilienhäuser und Bürogebäude [Stadtwerke Oranienburg GmbH 2007; Landkreis Oberhavel 2006]

Die Wertigkeit der Schutzobjekte begründet sich einerseits in der sensiblen Nutzung (z. B. Kindergärten), der hohen vorhandenen Personendichte sowie der Notwendigkeit der Objekte (z. B. Feuerwehr) im Rahmen der Gefahrenabwehr. Andererseits sind Knotenpunkte der Versorgungsinfrastruktur als Schutzobjekte zu berücksichtigen. Im Untersuchungsgebiet sind das unter anderem drei Heizwerke, ein Umspannwerk, drei Gasverteilerstationen sowie ein Wasserwerk [Stadtwerke Oranienburg GmbH 2007]. Die Schutzbedürftigkeit dieser Objekte ist der von großen Menschenansammlungen gleich zu stellen, da der Betrieb der Objekte essentiell für das Leben im Untersuchungsgebiet ist. Hinzu kommt die Schutzbedürftigkeit der Objekte, welche aufgrund ihres Gefahrstoffinventars zusätzliche Risiken in sich bergen. Dazu zählen neben den bereits erwähnten Gasverteilerstationen auch die sieben Tankstellen im Untersuchungsgebiet. Zusätzlich ist Oranienburg die in 2009 stattfindende Landesgartenschau zu berücksichtigen, da aufgrund der Veranstaltung zahlreiche

Besucher erwartet werden. Die Landesgartenschau findet im Bereich des Schlossparks statt, der als öffentliche Fläche in die Klassifikation eingeht.

Bei der Klassifizierung der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet Oranienburg können vier Schutzgutklassen mit den Kennwerten 0 und 3 bis 5 differenziert werden. Für die Kennwerte 1 und 2 können keine Klassen gebildet werden, da die Datenlage keine detailliertere Klassifikation der Schutzgüter zulässt. Der schutzwürdigsten Schutzgutklasse wird der Kennwert 5 zugeordnet, da die höchste Gefahrenklasse im Untersuchungsgebiet ebenfalls den Kennwert fünf hat.

Alle Schutzgüter im Untersuchungsgebiet werden mit einem zusätzlichen Sicherheitsradius von 250 m in Richtung der weniger schutzwürdigen Schutzgutklassen gepuffert. In dieser empirisch festgelegten Entfernung zu einer Bombendetonation sind durch die Druckwirkung einer Bombe im Untersuchungsgebiet bzw. der für das Untersuchungsgebiet typischen Lage keine großen Schäden, sondern nur vereinzelte Schäden kleineren Ausmaßes zu erwarten [Spyra 2008].

Entsprechend der Klassifikation wird jedem Ort im Untersuchungsgebiet eine Schutzgutklasse zugeordnet. Die Gesamtfläche wird in Teilflächen verschiedener Schutzgutklassen unterteilt. Folgende Klassifikation wurde vorgenommen:

### **Schutzgutklasse Kennwert = 5**

Die höchste Schutzbedürftigkeit wird den Nutzungsstrukturen und Schutzobjekten zugeordnet, in denen hohe Konzentrationen und sensible Gruppen von Menschen (Senioren, Kinder) anzutreffen oder wichtige Funktionen für die Versorgung der Bürger untergebracht sind. Dazu gehören öffentliche Einrichtungen (Schulen, die Kindertagesstätten, die Alten- und Pflegeheime, das Krankenhaus, die Stadtverwaltung, das Landratsamt, die Feuerwache und die Polizeiwache), öffentliche Flächen (Schlosspark oder Einkaufspassagen), Verkehrsknotenpunkte und -flächen (Bahnhöfe, Bahntrassen, Hauptstraßen) und Schutzobjekte der Versorgungsinfrastruktur (z. B. Wasserwerk). Aufgrund der räumlichen Verteilung der Objekte und der Pufferung von 250 m nimmt dieser Schutzbereich über die Hälfte der Fläche des Untersuchungsbereiches ein (vgl. Tabelle 17).

### **Schutzgutklasse Kennwert = 4**

Diese Schutzgutklasse wird durch das Vorhandensein von Mehrfamilienhäusern und Bürohäusern charakterisiert. Diese Nutzungsstrukturen kennzeichnen den Innenstadtbereich Oranienburgs. Da in diesem Bereich jedoch ebenfalls eine Reihe der Schutzobjekte und Schutzgüter des Schutzbereiches mit dem KW = 5 liegt, welche mit 250 m gepuffert werden, wird der Großteil der Mehrfamilienhäuser und Bürogebäude von diesem Schutzbereich überlagert.

### **Schutzgutklasse Kennwert = 3**

Die Nutzungsstrukturen, in denen sich im Durchschnitt pro Tag weniger Menschen aufhalten als in den Bereichen mit den KW 4 und 5 sind die Flächen, auf denen Einfamilienhäuser oder Gewerbebetriebe anzutreffen sind. Diese Nutzungsstrukturen sind ebenfalls als schutzbedürftig einzustufen. Diesen Flächen wird der KW 3 zugeordnet.

### **Schutzgutklasse Kennwert = 0**

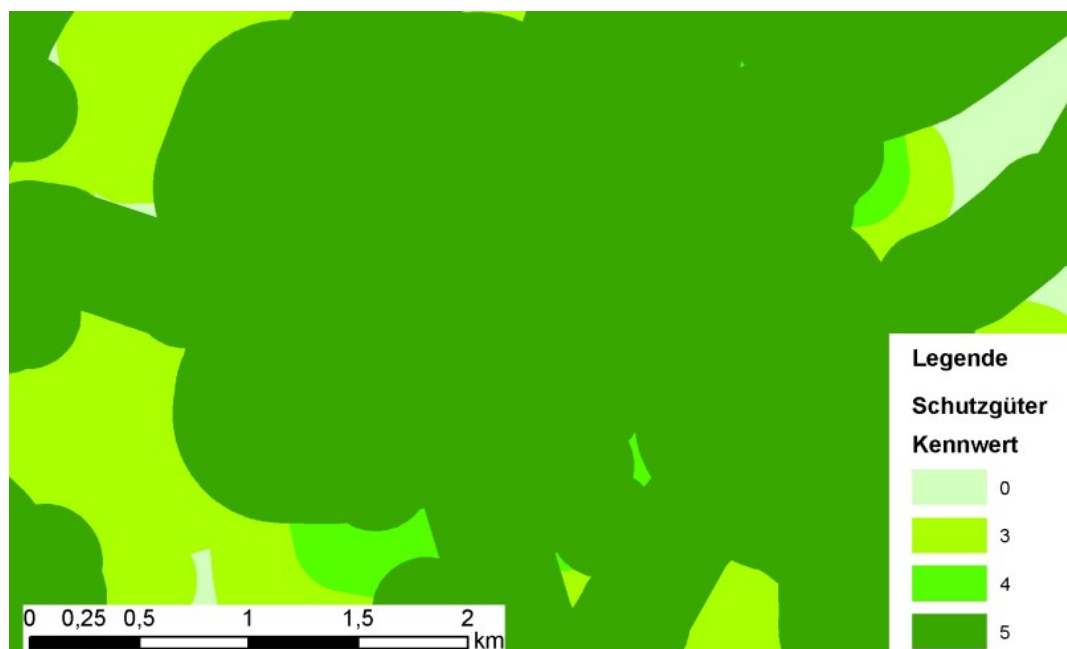
Allen anderen Flächen im Untersuchungsgebiet, d. h. Brachflächen, Wasserflächen, land- bzw. forstwirtschaftlich genutzte Flächen, wird eine geringe Schutzbedürftigkeit mit dem KW 0 zugewiesen, da sich in diesen Bereichen durchschnittlich sehr wenige Menschen pro Quadratkilometer aufhalten.

Anzumerken ist, dass zur Vereinfachung der Systematik bzw. zur Kartierung die kleinflächigen Nutzungsstrukturen, Nebenstraßen und Wasserwege der lokal vorherrschenden bzw. angrenzenden Nutzungsstruktur zugeordnet wurden. In Tabelle 17 ist die Differenzierung der Schutzgüter nach ihrer Wertigkeit dargestellt.

*Tabelle 17: Übersicht der Differenzierung der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet*

<b>Schutzgut- klasse (KW)</b>	<b>Merkmale (jeweils mit einem Puffer von 250 m)</b>
<b>5</b>	Öffentliche Einrichtungen, Verkehrsknotenpunkte und -flächen, öffentliche Einrichtungen, Objekte der Versorgungsinfrastruktur, Objekte mit zusätzlichen Risiken
<b>4</b>	Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude
<b>3</b>	Einfamilienhäuser, Gewerbeflächen
<b>0</b>	Frei-/Brach- und Wasserflächen, Landwirtschaft, Forstwirtschaft

In Abbildung 37 ist die Klassifizierung der Fläche des Untersuchungsgebietes entsprechend der Schutzgutklassen in Form einer Schutzgutkarte dargestellt.



*Abbildung 40: Räumliche Differenzierung der Schutzgüter im Zentrum des Untersuchungsgebietes – Schutzgutkarte –*



In der Schutzgutkarte wird deutlich, wie die Pufferung der Schutzgutklassen zu einer großflächigen Ausweisung von hohen Schutzgutklassen im Untersuchungsgebiet führen. Die Ursache dafür ist die Wirkweite der Druckwelle der Detonation einer großkalibrigen Bombe unter der Geländeoberkante, die hier mit 250 m festgelegt wurde (vgl. S. 173). Die Linien- und Kreisstrukturen resultieren aus der Pufferung von Straßen und kleinräumigen Schutzobjekten.

## **8.6 Anwendung der Gefahren-Wirkungs-Matrix und Erstellung der Gefährdungskarte für Oranienburg**

Die Gefährdung durch blindgegangene Bomben im Untersuchungsgebiet resultiert, wie im Kapitel 7 beschrieben, aus der Summe der Gefahren, der Schutzbedürftigkeit der Schutzgüter sowie den räumlichen Beziehungen dieser zueinander. Die räumlichen Beziehungen bzw. die Nähe der unterschiedlich ausgeprägten Gefahrenquellen zu den unterschiedlich ausgeprägten Schutzgütern zeigt, inwiefern die Gefahren zur Wirkung kommen können.

Beispielsweise ist die Gefahrenlage in einer Siedlung mit Einfamilienhäusern, wo der Verdacht auf das Vorhandensein von Bomben mit LZZ besteht, der Gefahrenlage in Bereichen gleichzusetzen, in denen beispielsweise ein erhöhter Verdacht auf Bombenblindgänger auf öffentlichen Flächen vorliegt, weil auf öffentlichen Plätzen höhere Personendichten unterstellt werden.

Auf der Basis der räumlichen und qualitativen Klassifikation der Gefahren und der Schutzgüter kann mittels der Gefahren-Wirkungs-Matrix die Gefährdung im Untersuchungsgebiet differenziert und kartiert werden. Zur Anwendung der Matrix im Untersuchungsgebiet Oranienburg sind die Gefahren- und Schutzgutklassen in der Matrix entsprechend der abstrakten Matrix in Tabelle 10 auf Seite 120 anzupassen und die Kennwerte für die Gefährdung der Schnittmengen der Gefahren- und Schutzgutklassen zu berechnen. In Tabelle 18 sind die Gefahren- und Schutzgutklassen für das Untersuchungsgebiet zusammengestellt.

*Tabelle 18: Übersicht der Gefahren- und Schutzgutklassen im Untersuchungsgebiet*

<b>KW</b>	<b>Gefahrenklassen und ihre Merkmale</b>	<b>Schutzgutklassen und ihre Merkmale</b>
<b>5</b>	sehr hoher Verdacht auf LZZ und hohe Dichte Trichter ( $> 750$ Stück je $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $> 300$ Stück je $\text{km}^2$ ) sowie Verdachtsflächen	öffentliche Einrichtungen, Verkehrsknotenpunkte und -flächen, öffentliche Einrichtungen, Objekte der Versorgungsinfrastruktur, Objekte mit zusätzlichen Risiken
<b>4</b>	Sehr hoher Verdacht auf LZZ und hohe Dichte Trichter ( $\leq 750$ und $> 300$ Stück je $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $\leq 300$ und $> 200$ Stück je $\text{km}^2$ )	Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude
<b>3</b>	Restfläche hoher Verdacht auf LZZ und Verdacht auf LZZ, unabhängig von Trichterichte	Einfamilienhäuser, Gewerbeflächen
<b>2</b>	Restfläche hohe Dichte Trichter ( $> 300$ je $\text{km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $> 200$ je $\text{km}^2$ ) sowie Verdachtsflächen	- nicht vergeben -
<b>1</b>	geringe Dichte Trichter ( $\leq 300$ je $\text{km}^2$ und $< 0 \text{ km}^2$ ) und Verdachtspunkte ( $\leq 200$ je $\text{km}^2$ und $< 0 \text{ km}^2$ )	- nicht vergeben -
<b>0</b>	kein Verdacht	Frei-/Brach- und Wasserflächen, Landwirtschaft, Forstwirtschaft

Im Abschnitt 7.4 auf der Seite 110 wurde die Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren durch blindgegangene Abwurfmunition, bei der die Bewertungs- bzw. Gefahren-Wirkungs-Matrix ein wichtiges Instrument ist, entwickelt und ausführlich vorgestellt. In der Tabelle 19 ist die Gefahren-Wirkungs-Matrix zur systematischen Bewertung der Gefährdung im Untersuchungsgebiet dargestellt.

*Tabelle 19: Gefahren-Wirkungs-Matrix zur systematischen Bewertung der Gefahren durch Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet*

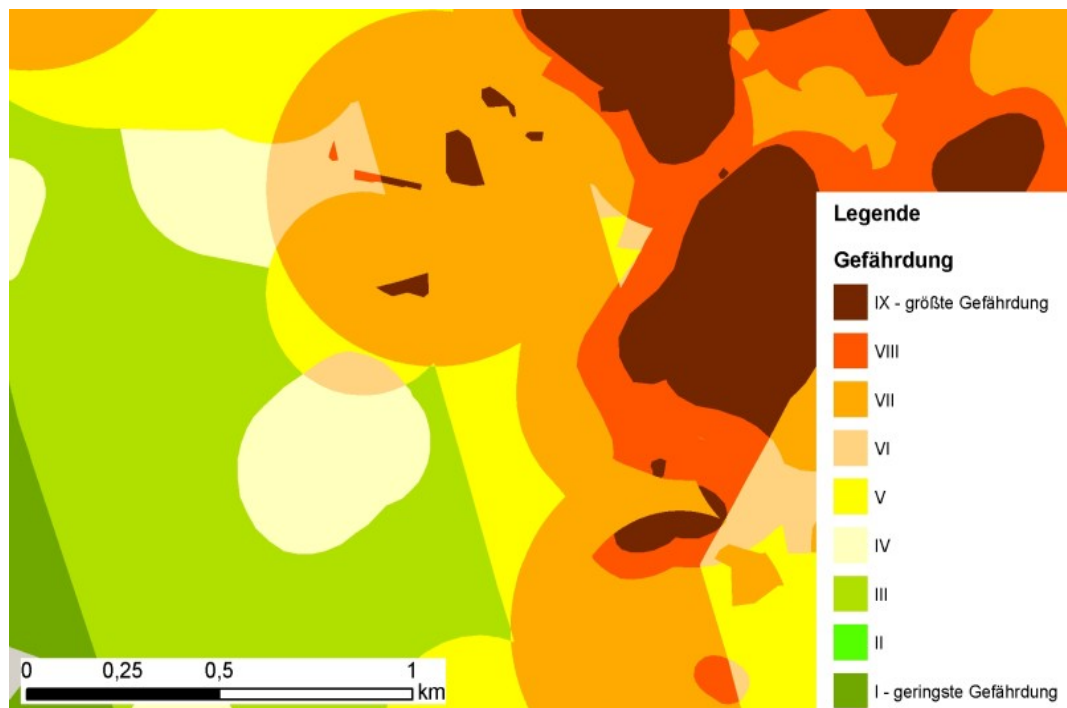
GEFAHREN- WIRKUNGS-MATRIX		SCHUTZGÜTER			
		5	4	3	0
GEFAHRENQUELLE	5	35	29	23	5
	4	29	24	19	4
	3	23	19	15	3
	2	17	14	11	2
	1	11	9	7	1
	0	--*	--*	--*	--*
*) Berechnung nur Gefahrenklasse > 0, da in Bereichen ohne Gefahr keine Gefährdung					

In der Gefährdungskarte für Oranienburg sind zehn unterschiedliche Gefährdungsklassen farblich differenziert dargestellt. Diese zehn Gefährdungsklassen (siehe Tabelle 20) wurden zur Vereinfachung durch die Zusammenfassung von Gefährdungskennwerten aus der Gefahren-Wirkungs-Matrix gebildet.

Zum Beispiel wurden alle Bereiche, für die die Gefährdungskennwerte 1 und 2 berechnet wurden, zu einer Gefährdungsklasse (in der Karte dunkelgrün dargestellt) zusammengefasst. In diesem Bereich sind in keinem Fall Bombenblindgänger mit LZZ zu erwarten. Die Flächen mit dem Kennwert 35 stellen die Bereiche dar, in denen die höchste Gefahrenklasse auf die höchste Schutzgutklasse trifft. In diesen Bereichen, in der Karte dunkelrot dargestellt, besteht die größte Gefährdung aufgrund des Zusammentreffens hoher Blindgängerdichten mit hohem Verdacht auf LZZ und hohen Personendichten im Innenstadtbereich sowie dicht besiedelten Gebieten der Stadt Oranienburg.

*Tabelle 20: Übersicht der Gefährdungsklassen*

Gefährdungsklasse	Kennwerte
IX	35
VIII	29
VII	23; 24
VI	17; 19
V	14; 15
IV	9; 11
III	7
II	3; 4; 5
I	1; 2
0	0



*Abbildung 41: Ausschnitt der Gefährdungskarte für das Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung der Gefahren und der Schutzgüter (Gefährdungsbereich II ist in diesem Ausschnitt nicht enthalten)*

Die aus der Anwendung der Gefahren-Wirkungs-Matrix auf das Fallbeispiel Oranienburg resultierende Gefährdungskarte ist auszugsweise in Abbildung 41 dargestellt. Die Abbildung zeigt beispielhaft die flächenhafte Differenzierung der Gefährdung durch Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet. Bereiche großer Gefährdung, in der Abbildung 41 rechts zu erkennen, setzen sich deutlich von Bereichen geringerer Gefährdung, in der Abbildung links, ab. Bereiche größter Gefährdung befinden sich in Oranienburg insbesondere in den intensiv bombardierten Bereichen der Innenstadt mit Verdacht auf Langzeitzünder und hohen Personendichten. Bereiche geringerer Gefährdung befinden sich überwiegend im Randbereich des Siedlungsgebietes der Stadt Oranienburg. Hier befanden sich keine Angriffsziele und die Schutzgutdichte ist gering. Die Bereiche hoher Gefährdung im Innenstadtbereich von Oranienburg teilen sich in drei Gefährdungsklassen (VII, VIII, IX) auf. Dabei resultiert die Differenzierung der Gefährdung aus der Differenzierung der Gefahrenklassen 3, 4 und 5, die im Innenstadtbereich grundsätzlich auf die höchste Schutzgutklasse 5 treffen.

Im Rahmen der Kampfmittelbeseitigung prioritär zu behandeln sind immer die Bereiche mit der höchsten Gefährdung. In Oranienburg sind dies die Bereiche der Gefährdungsklasse IX, in denen ein hoher Verdacht auf Bombenblindgänger mit LZZ auf die höchste Schutzgutklasse trifft.

Die abgeleitete Gefährdungskarte stellt die notwendige Grundlage für die systematische, an der tatsächlichen Gefährdung im Untersuchungsgebiet orientierten Kampfmittelbeseitigung dar. Die Gefährdungsbereiche sind präzise kartiert sowie georeferenziert und für die Planung der Kampfmittelbeseitigung verwendbar.

## 9 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik entwickelt, die eine systematische und objektive Bewertung der Gefährdung durch Bombenblindgänger in Verdachtsgebieten, die im Zweiten Weltkrieg bombardiert wurden, ermöglicht. Die Anwendung dieser Methodik kann objektive, reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der Qualität und Quantität der Gefährdung durch Bombenblindgänger liefern.

Die Gefährdungsabschätzung beruht auf der Erfassung, Kartierung und Klassifizierung aller relevanten Gefahren und Schutzgüter für einen Verdachtsbereich. Diese werden im Arbeitsschritt der Bewertung mit Hilfe der Gefahren-Wirkungs-Matrix systematisch bewertet.

Die Systematik der Bewertung wird durch die flächendeckende Bearbeitung des gesamten Untersuchungsgebietes, bei der alle Gefahren und alle Schutzgüter qualitativ für alle diskreten räumlichen Einheiten erfasst werden, sichergestellt. Die Objektivität und Reproduzierbarkeit der Bewertung wird durch die Anwendung eines mathematisch beschriebenen Bewertungsalgorithmus für eine georeferenzierte Untersuchungsfläche mittels der Gefahren-Wirkungs-Matrix gewährleistet. Sie setzt eine möglichst vollständige Recherche der erforderlichen Informationen voraus.

Die Aufarbeitung und Dokumentation der im Rahmen der Recherchen gesammelten Informationen erfolgt in einem geografischen Informationssystem (GIS), was die Anwendung der entwickelten Methodik zur Gefährdungsabschätzung auch für große und komplex strukturierte Gefahren- und Schutzgutszenarien ermöglicht.

Die Methodik kann durch die Anpassung der Bewertungsschlüssel für verschiedenste Gefahren- und Schutzgutszenarien im Bereich der Kampfmittel und militärischen Altlasten verwendet werden. In dieser Arbeit wurde die Methodik ausschließlich auf großkalibrige Bombenblindgänger in einem urbanen Gebiet – der Stadt Oranienburg – angewendet.

Für das Verdachtsgebiet für Bombenblindgänger im Stadtgebiet Oranienburg konnte auf Grundlage der Erkenntnisse der historischen Recherche sowie der Ergebnisse der Auswertung von Kriegsluftbildern und der Daten der bereits erfolgten Kampfmittelbeseitigung im Untersuchungsgebiet eine Gefahrenkarte erstellt werden.

Diese Gefahrenkarte bewertet bzw. differenziert die Gefahren aufgrund blind-gegangener Bomben im Untersuchungsgebiet hinsichtlich der unterschiedlich gefährlichen Zündersysteme sowie der vermuteten räumlichen Dichte der noch erwarteten Blindgänger. Demgegenüber wurde für Oranienburg eine Schutzgutkarte erarbeitet, in der die vorhandenen Schutzgüter klassifiziert wurden. Durch die Kombination der Gefahren- mit der Schutzgutkarte konnte auf Grundlage der Gefahren-Wirkungs-Matrix für jede diskrete räumliche Einheit im Verdachtsgebiet die resultierende Gefährdung kalkuliert werden. Die flächige Verteilung und Differenzierung der Gefährdung von Schutzgütern durch Bombenblindgänger wird in der Gefährdungskarte widergespiegelt. Sie ermöglicht den fundierten und objektiven Vergleich der Gefahren durch Bombenblindgänger innerhalb des Untersuchungsgebietes. Wenn die Gefährdungskarte als Grundlage für die Planung und Priorisierung von Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen in Oranienburg dient, kann dem Polizei- und Ordnungsrecht bezüglich der Anforderungen an die bevorzugte Abwehr der größten Gefahren entsprochen werden, die erforderlich ist, wenn die umfassende Gefahrenabwehr kurz- bis mittelfristig nicht leistbar ist.

Eine Übertragung der im Rahmen der Arbeit entwickelten Methodik auf andere Kampfmittel bzw. Kampfgebiete ist grundsätzlich möglich. Abstriche müssen in diesen Fällen aber möglicherweise dort gemacht werden, wo die Abfolge und der Verlauf von Kampfhandlungen bzw. der eingesetzten militärischen Einheiten und Kampfmittel nicht so umfassend dokumentiert ist, wie dies im Falle des Einsatzes von Abwurfmunition durch britische und amerikanische Luftstreitkräfte über Deutschland während des Zweiten Weltkrieges der Fall war. Im Allgemeinen ist nicht zu erwarten, dass für Kampfhandlungen verbundener Truppen aus Infanterie, Panzer- und Artillerietruppen sowie taktischer Luftunterstützung bei einem zeitlich und räumlich dynamischen Kriegsverlauf eine umfangreiche Dokumentation angefertigt wurde bzw. erhalten ist. Grundsätzlich lassen sich die Orte von Kampfhandlungen und deren Intensität – wenn auch mit geringerer Detailgenauigkeit – jedoch auch für diese Kampfhandlungen abschätzen. Die Methodik ist daher sowohl für andere Kampfgebiete, militärische Schieß- und Übungsplätze als auch alle anderen Bereiche,



für die ein Verdacht auf eine Kampfmittelbelastung besteht, z. B. auch im Fall von größeren Rüstungsaltslasten, anwendbar. Im Einzelfall ist allerdings zu prüfen, ob die tatsächliche Gefahrenlage und die Schutzgutexposition die Anwendung der relativ aufwändigen Methodik rechtfertigt. Bei der Anwendung ist in jedem Einzelfall eine eigenständige Gefahren- und Schutzgutbetrachtung durchzuführen.

Die Ergebnisse der Anwendung der Methodik zur Gefährdungsabschätzung in mehreren räumlich getrennten Untersuchungsgebieten können grundsätzlich miteinander verglichen und zur Priorisierung von Maßnahmen in diesen Untersuchungsgebieten verwendet werden. Voraussetzung hierfür ist aber, dass für die Bewertung und Klassifikation der Gefahren und Schutzgüter in allen einbezogenen Untersuchungsgebieten die gleichen Bewertungsmaßstäbe einschließlich der gleichen Gefahren-Wirkungs-Matrix verwendet wurde. Für das Land Brandenburg könnte beispielsweise eine entsprechende Gefährdungsabschätzung für weitere, während des Zweiten Weltkrieges bombardierte Städte (Potsdam, Brandenburg/Havel, Cottbus, Erkner, Zossen, u. a.) durchgeführt werden, um eine systematische Grundlage für die Prioritätenbildung für Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen auf Landesebene zu schaffen.

Die Anwendung eines geografischen Informationssystems zur Kartierung, Dokumentation und Auswertung von komplexen, vielschichtigen Informationen ermöglicht bei kontinuierlicher Pflege der Informationen zur Schutzgut- und Gefahrensituation die kontinuierliche Neubewertung der Gefährdung im Untersuchungsgebiet mit dem Erwaschen neuer Erkenntnisse und Informationen. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn durch die fortlaufende Kampfmittelbeseitigung Bereiche als kampfmittelfrei eingestuft werden können, neue Informationen zu den Gefahrenquellen verfügbar werden, oder sich Nutzungsänderungen im Untersuchungsgebiet ergeben.

Hinzu kommt die Möglichkeit der netzwerkbasierten Bereitstellung von aktuellen Daten der Gefährdung durch Bombenblindgänger für andere beteiligte Behörden (insbesondere kommunale Ordnungs- bzw. Bauordnungsbehörden z. B. für Bauge-

nehmungungsverfahren). Hier kann so Verwaltungsaufwand minimiert werden.

Nachteilig an der Methodik ist der hohe Aufwand, der insbesondere für die Recherche und Auswertung historischer Informationen über Angriffe und eingesetzte Kampfmittel erforderlich ist. Dies trifft insbesondere für Gebiete zu, die im Verlauf des Zweiten Weltkrieges zahlreichen Angriffen ausgesetzt waren. Die Recherche historischer Nutzungsstrukturen und aktueller Schutzgutsituationen kann insbesondere in großen, komplexen Siedlungsgebieten (z. B. Ruhrgebiet, Berlin) sehr aufwändig sein. Durch Verwendung von Daten der Vermessungsdienste mit thematischen Nutzungsinformationen (z. B. ALK- oder ATKIS-Daten) kann dieser zeitliche Aufwand durch den Zukauf von Informationen reduziert werden. In diesem Fall ist der Kostenaufwand allerdings erheblich, weil die Daten auch für Zwecke der Gefahrenabwehr in der Regel nicht mehr kostenfrei über den Weg der Amtshilfe zur Verfügung gestellt werden.

Die Bewertung der Gefahrensituation kann in der Regel unter Hinzuziehung von Daten der örtlich zuständigen Kampfmittelbeseitigungsdienste vereinfacht werden. Die Dienste haben in der Regel in den vergangenen Jahren umfangreiche Luftbildbestände aufgebaut und ausgewertet, die als Grundlage für die Einschätzung der Gefahrensituation mit verwendet werden können. Allerdings sind diese Datenbestände in jedem Fall um weitere historische Informationen aus britischen und amerikanischen Archiven hinsichtlich der Angriffe, der beteiligten Einheiten und der eingesetzten Kampfmittel nach Qualität und Quantität zu ergänzen. Gerade in den letzten Jahren sind hier weitere, umfangreiche Bestände zugänglich geworden.

Abschließend ist die Weiterentwicklung der Methodik zur Bewertung von Gefahren aufgrund von Bombenblindgängern hinsichtlich der Abschätzung der Wirkung bzw. Effizienz von Kampfmittelräummaßnahmen zu empfehlen. Mittels einer Simulation könnten die Auswirkungen einzelner Kampfmittelräummaßnahmen hinsichtlich der möglichst effizienten Reduzierung von Gefahren-Wirkungsbereichen abgeschätzt werden. Damit könnte der Mitteleinsatz für die Kampfmittelbeseitigung insgesamt weiter optimiert werden.

## Literaturverzeichnis

- Alloway; Ayres; Förstner 1996: Schadstoffe in der Umwelt. Chemische Grundlagen zur Beurteilung von Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl. (Spektrum-Lehrbuch).
- Bauriegel; Kühn; Schmidt; Hering; Hannemann [2001]: Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 (BÜK 300). Grundkarte Bodengeologie. Kleinmachnow/ Potsdam: Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg. Online verfügbar unter <http://www.geo-brandenburg.de/maps/boden/>, zuletzt geprüft am 22.02.2008.
- Becker 2005: Ein Bombenhagel ging auch auf Lehnitz nieder. In: Oranienburger Generalanzeiger, Jg. 2005, 14.03.2005.
- Becker; Knop 2007: Topographie der Lager und Arbeitseinsatzorte von KZ-Häftlingen, Zwangsarbeitern und Kriegsgefangenen zwischen 1933 und 1945 im heutigen Stadtgebiet Oranienburg. Stadtarchiv Oranienburg. Karte mit Erläuterungen.
- Below, G.A. 1978: Put`muzestva i slavy. Weg der Tapferkeit und des Ruhms: Ufa-Verlag.
- Bezirksbehörde der Volkspolizei Potsdam Operativstab 1953: Zwischenbericht über das Sprengstoffunglück mit Todesfolge am 21.01.1953 in Oranienburg. 23.01.1953. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 471/15 Nr. 164.
- Bezirkstag und Rat des Bezirkes Potsdam 1965: Berichte des Rates des Kreises Oranienburg über die ehemalige Auergesellschaft und den Stand der Baumaßnahmen 1965. 09.11.1965. Brandenburgisches Landeshauptarchiv Potsdam, Rep.401, Nr.33687/7.
- BFUB Berlin (Datum unbekannt): Recherche Klinkerhafen Oranienburg. BFUB Gesellschaft für Umweltberatung und Projektmanagement mbH. Stadtarchiv Oranienburg. Recherche.
- BMF et al. 2000: Bundesministerium der Finanzen und Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Berlin) Verwaltungsvorschriften zur Durchführung des Allgemeinen Kriegsfolgengesetzes (AKG). VV-AKG.

- BMVBS et al. 2007: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Berlin); Bundesministerium der Verteidigung (Bonn) (Hg.). Arbeitshilfen Kampfmittelräumung - AH KMR. Arbeitshilfen zur wirtschaftlichen Erkundung, Planung und Räumung von Kampfmitteln auf Liegenschaften des Bundes. 31.10.2007.
- Borelli 2008: Bombensprengung in Hamburg am 14.01.2008. Hamburg. Gespräch mit Michael Katzsch am 05.08.2008.
- Breiner 1999: Applications Manual for portable Magnetometers. Geometrics. San Jose, CA USA.
- British Air Ministry 1944a: Target Intelligence - Station List. April 1944. National Archives at College Park, USA, RG243 Entry11 Box#1.
- British Air Ministry 1944b: Schedule of known and suspected Aircraft and Aero Engine Factories. 11.11.1944. National Archives at College Park, USA, RG243 Entry14 Box#11.
- British Air Ministry 1945: Targets Intelligence – Airfields-Germany Station List. February 1945. National Archives at College Park, USA, RG243 Entry14 Box#11.
- Conyers; Goodman 1997: Ground-Penetrating Radar. An Introduction for Archaeologists. Walnut Creek, CA USA: AltaMira Press.
- Der Bürgermeister der Stadt Oranienburg 1945: Schreiben an die Bürger zur Situation der Stadt. 06.07.1945. Stadtarchiv Oranienburg, Rat der Stadt Oranienburg - Verwaltung Nr. 45.
- Der Führer der Landesgruppe III, Berlin-Mark Brandenburg 1945: LS-Ereignismeldung, Nachtrag Luftangriff am 15. März 1945. vom 16.03.1945 Mark Brandenburg. Landesarchiv Berlin, Rep.20, Nr.7794.
- Deutsche Volkspolizei Munitions-Bergungsbetrieb 1959: Maßnahmenplan des Munitions-Bergungsbetriebes der DVP Potsdam für das I. und II. Quartal 1959 zur Verwirklichung des Jahresarbeitsprogramms. 01.04.1959. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 471/15 Nr. 164.
- Deutsche Volkspolizei Regiebetrieb Abrüstung 1953: Bericht über den Regiebetrieb Abrüstung 1953. 01.12.1953. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 471/15 Nr. 164.
- Dornberger 1996: Peenemünde - Geschichte der V-Waffen. 6. Aufl. Berlin: Ullstein Taschenbücher.

- Dresdner Sprengschule GmbH 2003: Munitionsdatenbank. 2003. Dresden.
- Faßmann 2006: Kritik der Stadtverwaltung an bisheriger Kampfmittelbeseitigung. Oranienburg. Gespräch mit Michael Katzsch am 26.10.2006.
- Feuerwehr Hamburg 2008: Jahresberichte 2004 - 2007. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres, Feuerwehr. Hamburg. Online verfügbar unter <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/inneres/feuerwehr/aktuelles/jahresberichte/start.html>, zuletzt geprüft am 29.02.2008.
- Freeman 1970: The Mighty Eighth. A History of the U.S. 8th Army Air Force. Units, Men and Machines. London;: MacDonald and Jane's Publishers Limited.
- Freeman 1981: Mighty Eighth War Diary. London; New York; Sydney: Jane's Publishing Company Limited.
- Freie und Hansestadt Hamburg, Baubehörde-Kampfmittelbeseitigungsdienst 1994: Gefahren durch Selbstdetonationen/Unfälle mit Bombenblindgängern aus dem Zweiten Weltkrieg. Unveröffentlichtes Manuskript, 24.02.1994, Hamburg.
- Handel-Mazzetti 2008: Wird der Bund in die Pflicht genommen? Entscheidung bei der Suche nach Blindgängern. In: Kommunal, Recht und Verwaltung, H. 3, S. 13–15. Online verfügbar unter [www.kommunal.at/kommunal/download/AktuelleAusgabe/Seiten %2013\\_15\\_Blindgänger\\_Salzburg.pdf](http://www.kommunal.at/kommunal/download/AktuelleAusgabe/Seiten%2013_15_Blindgänger_Salzburg.pdf), zuletzt geprüft am 01.03.2008.
- Hansen-Dix 1982: Die Gefahr im Polizeirecht, im Ordnungsrecht und im technischen Sicherheitsrecht. Köln: Heymann (Recht, Technik, Wirtschaft, 24).
- Hauschild; Voß; Wirtz 2006: Präklinisches Management bei Explosionsverletzungen. In: Notfall- und Rettungsmedizin, Jg. 9, H. 5, S. 453–472.
- Heun 2003: Gefährliches Erbe: Berlin sitzt auf einer Bombe. Keiner weiß, wie viele Blindgänger noch im Boden liegen - Ein Stoß genügt. In: Berliner Morgenpost, 25.10.2003.
- IM MV 1993: Innenministerium Mecklenburg-Vorpommern. Landesverordnung zur Verhütung von Schäden durch Kampfmittel (Kampfmittelverordnung). 08.06.1993.
- IM NRW 2003: Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen. Ordnungsbehördliche Verordnung zur Verhütung von Schäden durch Kampfmittel. 12.11.2003

IM NRW 2007: Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen Gefahrenabwehr in Nordrhein-Westfalen - Jahresberichte 2004 - 2006. Düsseldorf. Online verfügbar unter [www.im.nrw.de/publikationen](http://www.im.nrw.de/publikationen), zuletzt geprüft am 29.02.2008.

IUT-Ingenieurgesellschaft für Umwelttechnik mbH 1998: Sprengbomben, andere Kampfmittel-Altlasten und deren Beseitigung in Stuttgart 1945-1998. Stuttgart (Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, 7).

Kellner 2007: Weltkriegs- und neuzeitliche Munition als Bestandteil von Unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtungen (USBV). Veranstaltung vom 13.02.2007, aus der Reihe "Fachtagung Kampfmittelbeseitigung" 2008. Bad Kissingen. Veranstalter: Bund Deutscher Feuerwerker.

Kinder 1985: Die Entschärfung von britischen und amerikanischen Langzeitzünderbomben des II. Weltkrieges 1939 - 1945. Schashagen: ComDruck.

KMBD BRB 1991-2007: Protokolle über die Entschärfung von Abwurfmunition. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. 1991-2007.

KMBD BRB 1997: Bericht über die Sprengung einer 500 kg amerikanischen Langzeit-Zünder-Bombe am 12.03.1997 in Oranienburg, Havelschule. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. Unveröffentlichtes Manuskript. 13.03.1997.

KMBD BRB 1999: Karten der Luftbildauswertung historischer Luftbilder Oranienburg. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. Unveröffentlichtes Manuskript, 1999.

KMBD BRB 2002: Die Gefährlichkeit von Bombenzündsystemen im Land Brandenburg. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. 30.07.2002.

KMBD BRB 2006: Shapedateien bzw. Daten bzgl. der Kampfmittelbeseitigung.

KMBD BRB 2007a: Protokoll über die Entschärfung von Abwurfmunition-Pawlowstr. 5. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. 02.03.2007.

KMBD BRB 2007b: Rahmenverträge für Leistungen der Kampfmittelbeseitigung zwischen dem Land Brandenburg und Kampfmittelräumfirmen. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg

KMBD BRB 2007c: Jahresberichte 1995 – 2006. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. 2007.

KMBD BRB 2007d: Berichte über die Delaborierung in Oranienburg geborgener Langzeitzünder. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. Unveröffentlichtes Manuskript, 1991 -2007.

KMBD BRB 2007e: Shapedateien bzw. Daten bzgl. der Kampfmittelbeseitigung. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg.

KMBD BRB 2007f: Schreiben zur Gefährdungseinschätzung aufgrund von Kampfmitteln in Oranienburg an den Bürgermeister der Stadt Oranienburg. Kampfmittelbeseitigungsdienst des Landes Brandenburg. Unveröffentlichtes Manuskript, 29.01.2007.

Knödel, Klaus; Krummel, Heinrich; Lange, Gerhard 1997: Geophysik. Mit 53 Tabellen. 1997. Berlin: Springer (Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten / BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Bd. 3).

Kreispolizeibehörde Kleve 2007: Granate explodierte bei Schweißarbeiten. Pressemitteilung vom 22.10.2007. Kranenburg. Online verfügbar unter <http://www.kampfmittel-forum.de/showthread.php?t=173>, zuletzt geprüft am 10.03.2008.

Krull 2007: Kampfmittelbeseitigung in der DDR, besonders Oranienburg. Stahnsdorf. Gespräch mit Michael Katzsch am 19.04.2007.

Lambrecht 2007: Zwischen Berufung und strenger Pflicht. Geschichte des Feuerwerkswesens in Deutschland 1935 - 2005. 2007. Potsdam: Knotenpunkt-Verl.

Landkreis Oberhavel 2006: Shapedateien der ALK bezüglich Oranienburg.

Lang; Huder; Amann 2003: Bodenmechanik und Grundbau. Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte. 7., überarb. und erw. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch).

LGBR BRB 2001: Karte der Schutzfunktionen der Grundwasserabdeckung (HYK50-3). Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe Brandenburg. Online verfügbar unter <http://www.geo-brandenburg.de/hyk50/>

LGBR BRB 2003: Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 (BÜK 300). – Grundkarte Bodengeologie –. Unter Mitarbeit von A. Bauriegel, D. Kühn (LGBR) und R. Schmidt (FH Eberswalde) et al. Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (Hg.). Online verfügbar unter <http://www.geo-brandenburg.de/maps/boden/>.

LGB BRB 2006: Top50 Brandenburg/Berlin. 4. Aufl. Potsdam: Landesvermessung und Geodatenbasisinformation Brandenburg.

Luftwaffenführungsstab 1944: Zur britisch-nordamerikanischen Luftkriegsführung gegen Deutschland im September 1944. 08.10.1944. Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, RL2II/524.

Meinhardt 1962: Konventionelle Abwurfmittel. Berlin: Verlag des Ministeriums des Innern (Schriftenreihe Luftschutz, 11).

Merz 1960: Bombenentwicklung, Blindgängerräumung und Langzeitzünderentschärfung im Zweiten Weltkrieg. In: Explosivstoffe, Jg. 1960, H. 12.

MI BRB 1994: Runderlaß III Nr. 78/1994 - Anträge auf Überprüfung einer Kampfmittelbelastung. Ministerium des Innern des Landes Brandenburg. Aktenzeichen: III/9.12, 08.11.1994.

MI BRB 1998: KampfmV BRB. Ministerium des Innern des Landes Brandenburg. Kampfmittelverordnung für das Land Brandenburg. 23.11.1998.

MI BRB 1997: Erlaß III 78/1994 - Verfahren bei Baugenehmigungen in mit Kampfmitteln belasteten Gebieten, Ergänzung. Ministerium des Innern des Landes Brandenburg. 26.08.1997.

MI BRB 1999: Erlaß III 78/1994 - Verfahren bei Baugenehmigungen in mit Kampfmitteln belasteten Gebieten, Ergänzung. Ministerium des Innern des Landes Brandenburg. 04.10.1999.

MI Niedersachsen 2007: Jahresberichte über die Kampfmittelbeseitigung im Land Niedersachsen 2004 – 2006. Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport. 28.09.2007. Online verfügbar unter [http://www.mi.niedersachsen.de/master/C41455850\\_L20\\_D0\\_I522\\_h1.html](http://www.mi.niedersachsen.de/master/C41455850_L20_D0_I522_h1.html).

Mitglieder des Bundesverwaltungsgerichts 1975: Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichts. Berlin: Carl Heymanns Verlag KG (45).

Mitglieder des Bundesverwaltungsgerichts 2006: Urteil bezüglich der Kriegsfolgelasten vom 14.06.2006. Aktenzeichen: BverwG 3 A 6.05.

Muckel 2005: Gefährdungsabschätzung und Sprengversuche. aus der Reihe "Fachtagung Kampfmittelräumung". Hannover. Veranstalter: Oberfinanzdirektion Hannover.

MBD Potsdam 1977: Untersuchungsbericht zur Explosionsursache unter Halle 42 des VEB "Pharma" Oranienburg am 20.11.1977 gegen 14 Uhr. Munitionsbeseitigungsdienst Potsdam. Unveröffentlichtes Manuskript, 01.12.1977.



MBD Potsdam 1981: Sachstandsbericht zur Bombendetonation am 19.04.1981 in Lehnitz. Munitionsbeseitigungsdienst Potsdam. Unveröffentlichtes Manuskript, 20.04.1981.

MBD Potsdam 1982: Bericht zur Bombendetonation am 25.07.1982 in Oranienburg. Munitionsbeseitigungsdienst Potsdam. Unveröffentlichtes Manuskript, 25.07.1982.

MBD Potsdam 1991: Kurzübersicht zu geborgenen Bombenblindgängern im Raum Oranienburg/Lehnitz. Munitionsbeseitigungsdienst Potsdam. August 1991 . Sammlung Krull.

Neumaier 1996: Altlasten. Erkennen, Bewerten, Sanieren. 3., grundlegend überarb. und erg. Aufl. Berlin: Springer.

NNa: Combat Chronology of the US Army Air Forces. Rutgers University. Online verfügbar unter <http://paul.rutgers.edu/%7Emcgrew/wwii/usaf/html/>, zuletzt geprüft am 05.03.2008.

NNb: Originaltitel unbekannt (Erkennen, bergen, transportieren und vernichten von Bombenblindgängern). Deutsche Vorschrift 2. Weltkrieg. Unveröffentlichtes Manuskript, vermutlich um 1940.

NNc: Der Kapitalschnitt der Heinkel-Werke G.m.b.H, Oranienburg, Die Geschichte des Werkes. Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, RL3-3084.

NN 1939: Adressbuch für Oranienburg und Umgegend 1939/40. Stadtarchiv Oranienburg. Öffentliches Adress- bzw. Telefonbuch.

NN 1998: Mündliche Überlieferung des Augenzeugen Heinz Wenke. 22.09.1998. Stadtarchiv Oranienburg.

NN 2005: Tausende Blindgänger sind noch unentdeckt. In: Berliner Morgenpost, 02.11.2005. Online verfügbar unter <http://www.morgenpost.de/content/2005/11/02/berlin/789591.html>, zuletzt geprüft am 10.03.2008.

NN 2006: Bayrischer Rundfunk: Bombenexplosion bei Aschaffenburg - Jahrgang 1944 Gewicht fünf Zentner. Online verfügbar unter <http://www.br-online.de/bayern-heute/artikel/0610/23-explosion-auf-a3/index.xml>, zuletzt geprüft am 02.10.2007.

NN 2007a: Blindgänger auf Autobahn A3 - die vermeidbare Tragödie. In: Süddeutsche Zeitung, Jg. 2007, 12.10.2007. Online verfügbar unter <http://www.sueddeutsche.de/bayern/artikel/884/137607/>, zuletzt geprüft am 09.03.2008.

- NN 2007b: Waffennarr sprengte sich in die Luft. In: Hamburger Abendblatt, 04.09.2007. Online verfügbar unter <http://www.abendblatt.de/daten/2007/09/04/789596.html>, zuletzt geprüft am 10.03.2008.
- NN 2007c: Gewusst wo - gewusst wie, den Kampfmitteln auf der Spur. Herausgegeben von Feuerwehr Hamburg. Hamburg. (Löschblatt, 27).
- NN 2007d: Selbstdetonation eines Bombenblindgängers in Offenbach. GKD Kampfmittelräumung. Online verfügbar unter [http://www.gkd-kampfmittelraeumung.de/presse/unfaelle\\_kampfmittel.htm](http://www.gkd-kampfmittelraeumung.de/presse/unfaelle_kampfmittel.htm), zuletzt aktualisiert am 09.03.2007.
- NN 2008a: Fliegerbombe in Kettenheim zum Glück ohne Zünder. Pressemitteilung vom 21.02.2008. Online verfügbar unter [http://www.main-rheiner.de/region/objekt.php3?artikel\\_id=3170913](http://www.main-rheiner.de/region/objekt.php3?artikel_id=3170913), zuletzt geprüft am 23.02.2008.
- NN 2008b: Bombe aus Zweitem Weltkrieg explodiert in Tschechien. 19.02.2008. Znomjo, PR-inside. Online verfügbar unter <http://www.pr-inside.com/de/bombe-aus-dem-zweiten-weltkrieg-explodiert-r444622.htm>, zuletzt geprüft am 22.02.2008.
- NN 2008c: Fliegerbombe aus dem Zweiten Weltkrieg wird entschärft. 700 Bewohner aus der Umgebung evakuiert. Linie1-Magazin. Pressemitteilung vom 23.02.2008. Online verfügbar unter <http://www.linie1-magazin.de/linie1/index.php?rubrik=news&ressort=&id=12353>, zuletzt geprüft am 25.02.2008.
- NN 2008d: Innenstadt von Münster nach Bombenfund geräumt. 01.02.2008, PR-inside. Online verfügbar unter [www.pr-inside.com](http://www.pr-inside.com), zuletzt geprüft am 03.02.2008.
- NN 2008e: Britische Zehn-Zentner-Bombe in Hannover entschärft. Pressemitteilung vom 10.02.2008. Ad-Hoc-News.de. Online verfügbar unter <http://www.ad-hoc-news.de/Marktberichte/15412671>, zuletzt geprüft am 15.02.2008.
- NN 2008f: Scharfe Fliegerbombe durch Linz chauffiert. Österreichischer Rundfunk. 15.02.2008. Online verfügbar unter <http://oeo.orf.at/stories/256955/>.
- NN 2008g: Frankfurt/Main - Bombe aus Zweitem Weltkrieg am Flughafen entschärft. Echo-online. 21.02.2008. Online verfügbar unter [http://www.echo-online.de/kundenservice/a\\_detail.php3?id=574173](http://www.echo-online.de/kundenservice/a_detail.php3?id=574173), zuletzt geprüft am 23.02.2008.

- NN 2008h: 250 Kilo schwere Fliegerbombe in Rosenheim gefunden. PR-online. Pressemitteilung vom 26.02.2008. Wien. Online verfügbar unter <http://www.pr-inside.com/de/print458081.htm>.
- NN 2008i: Größter Rangierbahnhof Ostdeutschlands wird komplett evakuiert. Bombe: 1.400 Neuseddiner müssen ihre Häuser räumen. Märkische Allgemeine Zeitung. Pressemitteilung vom 22.02.2008. Potsdam. Online verfügbar unter <http://www.maerkischeallgemeine.de/cms/beitrag/11140830>, zuletzt geprüft am 25.02.2008.
- NN 2008j: Bombenentschärfung am Seddiner See. Welt-online. 27.02.2008. Online verfügbar unter <http://newsticker.welt.de/index.php?channel=beb&module=dpa&id=17042604>, zuletzt geprüft am 01.03.2008.
- OKW 1936: Oberkommando der Wehrmacht. Liste der Rüstungsbetriebe 1936. Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, RWD16-61.
- OKW 1941: Oberkommando der Wehrmacht - Rüstungsinspektion III. Liste der Spezialbetriebe. Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, RW19-2072.
- Peyer 1937: Die Dynamik der Bombe - ihre Schlag und Detonationswirkung. Berlin: Kiepert.
- Pieroth et al.2002: Polizei- und Ordnungsrecht. München: Beck (Grundrisse des Rechts).
- Rat des Bezirkes Potsdam -Der Vorsitzende- 1969: Schreiben an den Ministerrat der DDR, Ministerium des Innern Genossen Minister Dickel. 27.10.1969. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 401 Nr. 33687/2.
- Rauschert 1949: Abwurfmunition. Bonn: Eigenverlag.
- Reichsluftfahrtministerium 1941: Deutsche Luftbildkarte Blatt Oranienburg. Landesvermessung und Geodatenbasisinformation Brandenburg.
- Reichsminister der Luftfahrt 1944a: Verstärkter Einsatz von Fachpersonal zur Beseitigung feindlicher Abwurfmunition. 29.07.1944. Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, RL4/374. Erlass.
- Reichsminister der Luftfahrt 1944b: Vorzeitige Beseitigung feindlicher Abwurfmunition in den Anlagen der Reichsbahn, Reichspost und Rüstungsindustrie. 27.04.1944. Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg, RL4/372. Schnellbrief.
- Reinhardt 2007: Wirkungen von Explosionen von Bombenblindgängern. Wünsdorf. Gespräch mit Michael Katzsch am 22.10.2007. Kampfmittelbeseitigungsdienst Brandenburg. Wünsdorf.

- Richardi 1989: Leben auf Abruf. Das Blindgängerbeseitigungs-Kommando aus dem KL Dachau in München 1944/45 (Dachauer Dokumente, 1).
- Regierungspräsidium Darmstadt 2008: Allgemeine Bestimmungen für die Kampfmittelräumung im Lande Hessen.
- Rühle 1943: Übersicht über Veröffentlichungen zur Frage des Eindringens von Bomben und Geschossen in feste Ziele und ein Vergleich der daraus erhaltenen Zahlenwerte mit neueren Versuchs- und Erfahrungswerten. Forschungsanstalt Graf Zeppelin Stuttgart-Ruit. Unveröffentlichtes Manuskript, 07.12.1943.
- SLUG 1995: Handbuch zur Altlastenbearbeitung Teil 4 - Gefährdungsabschätzung, Pfad und Schutzgut Boden. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Dresden (Handbuch zur Altlastenbearbeitung, Teil. 4).
- Saft 1999: Entfernung von Sprengstoffen aus kontaminiertem Grundwasser: Analytik und Verfahrensentwicklung. Dissertation. 19.07.1999. Betreut von Gerold Wünsch und Karsten Levsen. Hannover. Technische Universität Hannover, Chemie.
- Schmierer 1930: Geologische Karte 1:25.000 Oranienburg: Reichsamt für Landesaufnahme.
- Schreiner 1992: Einführung in die Quartärgeologie. Mit 14 Tabellen. Stuttgart: Schweizerbart.
- Schubert 2007: Bericht aus dem Arbeitskreis V der Innenministerkonferenz zum Thema: Reduzierung von Gefahrenbereichen. Veranstaltung vom 13.02.2007, aus der Reihe Fachtagung Kampfmittelbeseitigung 2007. Bad Kissingen. Veranstalter: Bund Deutscher Feuerwerker und Wehrtechniker. Online verfügbar unter <http://www.dfabgmbh.de/html/fachtagungen.html>, zuletzt geprüft am 09.03.2008.
- Schwab; Güssen; Hentsch; Kollig 2007: Terrorismus - Eine neue Dimension des Polytraumas. In: Der Chirurg, S. 1–7.
- Spyra, Wolfgang et al. 2004: Gutachten Bewertung von Kampfstofffunden, Gefährdungskartierung und Erfassung von Verdachtsflächen für Vergrabungen für den ehemaligen Truppenübungsplatz Döberitz. 28.06.2004. BTU Cottbus Lehrstuhl Altlasten.
- Spyra, Wolfgang et al. 2005: Gutachten Gefährdungsanalyse Königsbrücker Heide Modul 1 – Kampfmittelanalyse/ Aktenauswertung. 21.03.2005. BTU Cottbus Lehrstuhl Altlasten.

- Spyra, Wolfgang et al. 2008: Gutachten Mittel- und langfristige Konzeption der Kampfmittelräumung in Oranienburg - Begutachtung zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung unter Berücksichtigung der Aspekte Wirtschaftlichkeit und Verhältnismäßigkeit. 12.02.2008. BTU Cottbus Lehrstuhl Altlasten.
- STMBD BRB 1993: Meldung über eine Bombenselbstdetonation. Unveröffentlichtes Manuskript. Staatlicher Munitionsbergungsdienst Brandenburg. 15.11.1993.
- STMBD BRB 2001: Strategiebetrachtung Kampfmittelräumung im Gebiet der Stadt Oranienburg und der Gemeinde Lehnitz. internes Dokument. Staatlicher Munitionsbergungsdienst Brandenburg. 17.10.2001.
- Stackebrandt, Manhenke (Hrsg.) (2004): Atlas zur Geologie von Brandenburg. Kleinmachnow.
- Stadtwerke Oranienburg GmbH 2007: Schreiben über zentrale Objekte mit Ver- und Entsorgungsaufgaben. Unveröffentlichtes Manuskript, 17.07.2007.
- STMI Bayern 2007: Bayerisches Staatsministerium des Inneren. Abwehr von Gefahren durch Kampfmittel. 20.07.2007. AZ: ID4-2135.12-2.
- Thamm 1995: Feuerwerker im Einsatz. Die Kampfmittelbeseitigung in der Bundesrepublik Deutschland 1945 - 1993 ; eine Dokumentation über die Tätigkeit der öffentlichen und privaten Kampfmittel-Räumdienste in den einzelnen Besatzungszonen und Bundesländern. Osnabrück: Biblio-Verl.
- Thamm 2002: 55 Jahre Kampfmittelbeseitigung in der Bundesrepublik Deutschland. 1945 - 2000 ; Kampfmittel und -stoffe, Rüstungsaltslasten ; eine Dokumentation über die Arbeit der Kampfmittelräum- und -beseitigungsdienste. 2002. Bissendorf: Biblio-Verl.
- Thamm 2003: Fliegerbomben. Die Spreng- und Brandbombenentwicklung in der Luftwaffe, von der einfachen Fliegebombe zur modernen Abwurfmunition und ihre Einsätze - mit Gegenüberstellung der Entwicklungen in England, USA und Russland sowie anderer Staaten. Bonn: Bernard & Graefe Verlag.
- Trommsdorf 2008: Terroristisches Potenzial von Rüstungsaltslasten, Fundmunition und Fundsprengstoff. Veranstaltung vom 02.03.2008, aus der Reihe "Fachtagung "Kampfmittelbeseitigung" 2008". Bad Kissingen. Veranstalter: Bund Deutscher Feuerwerker.
- USAAF 1944: American Bombs. January 1944. National Archives at College Park, USA, Entry 36 67.j. envelope #868.

USAAF 1945a: World War II Combat Operations Reports 1942-46 - Mission File 274-275. 15.03.1945. National Archives II, Maryland, RG18 Entry7 Box1419.

USAAF 1945b: US Air Force, Headquarters Eight Air Force. Operatinal Report, Narrative Report, APO 559. 15.03.1945. Air Force Historical Research Agency, Maxwell, Alabama, 00086493.

USAAF 1945c: US Air Force, Headquarters Eight Air Force APO 634, 3rd Air Division Field Order No.610. 15.03.1945. National Archives II, Maryland, RG18, Entry7, Box2026.

USAAF 1945d: US Air Force, Headquarters Eight Air Force APO 634: Interpretation of strike attack photographs, Mission 133. 18.03.1945. Air Force Historical Research Agency, Maxwell, Alabama, 0094873.

USAAF 1945e: US Air Force, Headquarters Eight Air Force APO 634. 3rd Air Division Tactical Analysis Report, Mission 15.03.1945, Field Order No. 610. National Archives II, Maryland, RG18, Entry7, Box1264.

USAAF 1945f: US Air Force, Headquarters Eight Air Force APO 634. 13 C.B.W. Field Order No.70. 15.03.1945. National Archives II, Maryland, RG18, Entry7, Box1419.

USAAF 1947: US Air Force, The United States Strategic Bombing Survey - Statistical Appendix to over-all Report (European War). February 1947.

USSBS 1945a: US Strategic Bombing Survey. Over-all Report - European war. Unter Mitarbeit von D'Olier et al. 30.09.1945.

USSBS 1945b: US Strategic Bombing Survey G-2 Target Section. Black List of Targets by Technical Items. National Archives at College Park, USA, RG243 Entry13 Box#4.

US Army 1945: Walls of houses of Wesel still stand, as do the churches, but a great part of the town was destroyed when the German commander forced the Allied troops to fight their way street by street through the ruins. Germany, 1945. Army., 1942 - 1945. National Archives at College Park, USA, Record Group 208: Records of the Office of War Information, 1926 - 1951, ARC Identifier 535793. Office for Emergency Management. Office of War Information. Overseas Operations Branch. New York Office. News and Features Bureau. (12/17/1942 - 09/15/1945) (Most Recent).

Vogelsang 1993: Geophysik an Altlasten. Leitfaden für Ingenieure, Naturwissenschaftler und Juristen. Zweite Auflage. Berlin: Springer.

Volkspolizei-Kreisamt-Oranienburg 1952: Abteilung PM Referat 2a. Statistik der Abt. PM Ref. 2a – Sprengstoffwesen. 20.10.1952. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 472/15 Nr. 268.

Volkspolizei-Kreisamt-Oranienburg 1954a: Abteilung PM Referat 2a. Textbericht PM 2 a – Sprengstoffüberwachung. 24.06.1954. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 472/15 Nr. 268.

Volkspolizei-Kreisamt-Oranienburg 1954b: Abteilung PM Referat 2a. Textbericht PM 2 a – Sprengstoffüberwachung. 16.12.1954. Brandenburgisches Landeshauptarchiv, Rep. 472/15 Nr. 268.

Voß 2000: Die britische Abwurfmunition bis 1945. 123 britische Bomben bis 1945. Hamburg: Selbstverlag.

Voß 2007: Editorial bzgl. der Kampfmittelproblematik in Hamburg. Herausgegeben von Feuerwehr Hamburg. Hamburg. (Löschblatt, 27).

Winkelmann, Kay et al. 2007: Gutachten: Markterkundung zu zerstörungsfreien Messverfahren bei der Suche nach Bombenblindgängern aus dem Zweiten Weltkrieg in Siedlungsgebieten. 31.08.2007. Sensorik & Systemtechnologie GmbH. Neu-Golm.

Winkelmann, Kay 2007: Luftbildbestände der Aerial Reconnaissance Archives der Keele University. Interview mit Andreas Buchholz. 01.06.2007. unveröffentlichter Vermerk.

ZD der Polizei BRB 2007: Zentraldienst der Polizei des Landes Brandenburg. Hintergrundinformationen zum Besuch des Innenministers des Landes Brandenburg des Munitionszerlegebetriebes des Kampfmittelbeseitigungsdienstes in Kummersdorf/Gut am 20.07.2007. Pressemitteilung vom 20.07.2007. Wünsdorf. Online verfügbar unter [www.brandenburg.de/sixcms/media.php/1056/Hintergrundinformation.pdf](http://www.brandenburg.de/sixcms/media.php/1056/Hintergrundinformation.pdf), zuletzt geprüft am 07.03.2008.

## Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
ALK	Automatische Liegenschaftskarte
AKG	Allgemeines Kriegsfolgendesetz
ASOG	Allgemeines Sicherheits- und Ordnungsgesetz Berlin
ATKIS	Amtliches Topografisches Kartografisches Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BauO	Bauordnung Nordrhein-Westfalen
BbgBO	Brandenburgische Bauordnung
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BGV	Berufsgenossenschaftliche Unfallverhütungsvorschrift
bzw.	beziehungsweise
ChemG	Chemikaliengesetz
CWÜAG	Ausführungsgesetz zum Chemiewaffenübereinkommen
d. h.	das heißt
etc.	et cetera (lateinisch für „und die Übrigen“)
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
GG	Grundgesetz
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geografisches Informationssystem
GOK	Geländeoberkante
HDv	Heeresdienstvorschrift
H.Dv.	Dienstvorschrift des Heeres (historisch)



HSOG	Hessisches Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung
i. e.	id est (englisch für „das heißt“)
IMAS	International Mine Action Standard
KMBD	Kampfmittelbeseitigungsdienst
KrW/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KrWaffG	Kriegswaffenkontrollgesetz
KW	Kennwert
KZ	Konzentrationslager
LBA	Luftbildauswertung
L.Dv.	Dienstvorschrift der Luftwaffe (historisch)
lt.	laut
LZZ	chemische(r) Langzeitzünder
M.Dv.	Dienstvorschrift der Marine
mNN	Meter über Normalnull (mittlerer Meeresspiegel)
NSDAP	Nationalsozialistische Deutsche Arbeiterpartei
PCK	Petrochemisches Kombinat (Schwedt/Oder)
PolG	Polizeigesetz Baden-Württemberg
RAF	Royal Airforce
SHD	Sicherheits- und Hilfsdienst
s. o.	siehe oben
SprengG	Sprengstoffgesetz oder Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe
SS	Schutzstaffel der NSDAP
StMBD	Staatlicher Munitionsbergungsdienst
THW	Technisches Hilfswerk

u. a.	unter anderem
u. ä.	und ähnliche(s)
u. a. m.	und andere(s) mehr
UNMAS	United Nations Mine Action Service
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
USAF	United States Air Force
USAAF	United States Army Air Force (USAAF) bis 25. Juli 1947, ab 26. Juli 1947 United States Air Force (USAF)
vgl.	Vergleich
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WVHA	Wirtschafts- und Verwaltungshauptamt der SS
ZD	Zentraldienst
z. B.	zum Beispiel

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ursachen für das Blindgehen von Bomben.....	14
Tabelle 2: Tätigkeitsbereiche ausgewählter staatlicher Kampfmittelbeseitigungsdienste [IUT-Ingenieurgesellschaft für Umwelttechnik mbH 1998].....	24
Tabelle 3: Übersicht, Inhalte der Landesvorschriften zu Kampfmitteln ausgewählter Bundesländer.....	31
Tabelle 4: Technische Daten amerikanischer Sprengbomben [Dresdner Sprengschule GmbH 2003].....	46
Tabelle 5: Übersicht der beseitigten, davon entschärften und gesprengten, Bombenblindgänger ausgewählter Bundesländer.....	53
Tabelle 6: Übersicht der Vorfälle mit blindgegangener Abwurfmunition im Februar 2008.....	54
Tabelle 7: Übersicht der Schutzabstände und Gefahrenbereiche bei Stahlsprengungen, bei dem Umgang mit Munition und bei der Vernichtung von Munition.....	65
Tabelle 8: Gefahrenklassen der Gefahren durch blindgegangene Bomben und ihre Abstufungen.....	106
Tabelle 9: Schutzgutklassen der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Schutzgüter und ihre Abstufungen.....	109
Tabelle 10: Gefahren-Wirkungs-Matrix (Matrix zur Bewertung der Gefährdung)....	120
Tabelle 11: Beispiel zur Anwendung der Matrix zur Bewertung der Gefahren durch blindgegangene Abwurfmunition in einem Untersuchungsgebiet mit fünf Gefahren- und fünf Schutzgutklassen.....	122
Tabelle 12: Übersicht der Angriffsziele alliierter Bombenangriffe auf den Oranienburger Raum im Zweiten Weltkrieg [USSBS 1945b; British Air Ministry 1944a; British Air Ministry 1944b].....	135
Tabelle 13: Übersicht der im Untersuchungsgebiet beräumten Bomben (250 kg bis 1.000 kg) zwischen 1960 und 1991 [MBD Potsdam 1991; Rat des Bezirkes Potsdam -Der Vorsitzende- 1969].....	145

Tabelle 14: Statistik der Eindringtiefen der geborgenen Bombenblindgänger (250 kg und 500 kg) im Untersuchungsgebiet (zwei 250 kg Bombenblindgänger wurden im Lehnitzsee gefunden und sind keiner geologischen Einheit zugeordnet) [KMBD BRB 1991-2007].....	155
Tabelle 15: Verteilung der beräumten Bombenblindgänger in dem von der 8. USAAF dokumentierten Trefferbereichen und den angefügten Pufferzonen.....	165
Tabelle 16: Übersicht der Gefahrenklassen im Untersuchungsgebiet.....	169
Tabelle 17: Übersicht der Differenzierung der Schutzgüter im Untersuchungsgebiet.....	175
Tabelle 18: Übersicht der Gefahren- und Schutzgutklassen im Untersuchungsgebiet.....	178
Tabelle 19: Gefahren-Wirkungs-Matrix zur systematischen Bewertung der Gefahren durch Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet.....	179
Tabelle 20: Übersicht der Gefährdungsklassen.....	180

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technische Zeichnung einer 250 kg Bombe Typ AN-M64 [USAAF 1944].....	11
Abbildung 2: Aktuelle Verfahrensweise der Kampfmittelbeseitigung im Land Brandenburg, Zufallsfunde sind nicht berücksichtigt.....	36
Abbildung 3: Arbeitsschritte der Kampfmittelbeseitigung.....	40
Abbildung 4: Die Stadt Wesel nach Ende des Zweiten Weltkrieges, aufgrund der intensiven Bombardierung sind fast alle städtischen Strukturen zerstört worden, in der Mitte des Fotos (Pfeile) wurden bereits im Rahmen von Aufräumarbeiten Bombentrichter verfüllt [US Army 1945].....	47
Abbildung 5: Gefahr nach Polizei- und Ordnungsrecht (grau) und die Anwendung auf die Gefahr aufgrund blindgegangener Abwurfmunition (schwarz).....	52
Abbildung 6: Prinzipskizze der räumlichen Wirkung einer Bombendetonation.....	57
Abbildung 7: Darstellung der Druck- und Splitterwirkung einer Sprengbombe bei der Detonation in unterschiedlichen Tieflagen nach MEINHARDT 1962.....	59
Abbildung 8: Ort der Detonation einer 250 kg Bombe in Salzburg am 18. Mai 1965, als Zünder wurde ein amerikanischer chemischer Langzeitzünder identifiziert, Bilanz: ein Toter und sieben Verletzte [Handel-Mazzetti 2008].....	61
Abbildung 9: Aufbau der amerikanischen chemischen LZZ, die Maße beziehen sich auf den Zünder M123 [Dresdner Sprengschule GmbH 2003].....	68
Abbildung 10: Vergleich der möglichen schädlichen Wirkungen von Altlasten und Kampfmitteln.....	75
Abbildung 11: Einfaches Expositionsszenario. In dem Bereich in dem ein Schutzgut auf eine Gefahr trifft, kommt es zur Gefährdung des Schutzgutes .....	77
Abbildung 12: Expositionsszenarien mit a) Schutzgütern unterschiedlicher Schutzbedürftigkeit bzw. b) unterschiedlichen Gefahren und resultierenden unterschiedlichen Gefährdungen.....	78

Abbildung 13: Komplexes Expositionsszenario mit zwei unterschiedlich zu bewertenden Gefahren und zwei unterschiedlich zu bewertenden Schutzgütern. Daraus resultieren folglich vier unterschiedlich zu bewertende Gefährdungen.....	79
Abbildung 14: Modellhafte Kartierung einer räumlichen Verteilung der Trichter- dichte in einem Untersuchungsgebiet.....	112
Abbildung 15: Modellhafte Kartierung einer räumlichen Verteilung der Trichter- dichte mit eingezeichnetem Verdachtsgebiet für Blindgänger mit Langzeitzünder in einem Untersuchungsgebiet.....	113
Abbildung 16: Modellhafte Kartierung der Gefahrenklassen auf der Grundlage der räumlichen Verteilung der Trichterdichte und der Verdachts- bereiche für Blindgänger mit Langzeitzünder in einem Untersuchungsgebiet.....	114
Abbildung 17: Modellhafte Kartierung der Schutzgutklassen auf der Grundlage der räumlichen Verteilung der Nutzung.....	115
Abbildung 18: Vorgehensweise zur Pufferung der Schutzgutklassen.....	117
Abbildung 19: Ergebnis der Pufferung der Schutzgutklassen.....	117
Abbildung 20: Erstellung der Gefährdungskarte durch Kombination der Gefahren- und Schutzgutkarte anhand der Gefahren-Wirkungs-Matrix.....	123
Abbildung 21: Verfahrensweise der Methodik zur systematischen Bewertung der Gefahren durch blindgegangene Bomben.....	125
Abbildung 22: Lage der Stadt Oranienburg [LGB BRB 2006].....	130
Abbildung 23: Vorgehensweise zur Festlegung des Untersuchungsgebietes.....	131
Abbildung 24: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes mit verzeichneten Bombentrichtern, Verdachtspunkten und -flächen für Bomben- blindgänger und den alliierten „Bombplots“ (Treffergebiete) vom Luftangriff am 15. März 1945 von der Fläche ohne Verdacht auf Bombenblindgänger [KMBD BRB 1999; USAAF 1945e].....	132
Abbildung 25: Auszug aus der Zielliste "Target Intelligence - Station List" des britischen Luftfahrtministeriums von April 1944 [British Air Ministry 1944a].....	134

Abbildung 26: Darstellung der recherchierten Angriffsziele im Oranienburger Raum auf Basis der Deutschen Luftbildkarte von 1941 [Reichsluftfahrtministerium 1941].....	136
Abbildung 27: Auszug eines Angriffsbefehls für den Angriff am 15.03.1945 (Zieltyp M/Y steht für Marshalling Yard – Rangierbahnhof) [USAAF 1945c].....	137
Abbildung 28: Beispielhafter Auszug aus einem „Bombplot“ für den Angriff am 15.03.1945 [USAAF 1945a].....	138
Abbildung 29: Industriestandorte und Einrichtungen des Dritten Reiches in Oranienburg auf der Basis der Deutschen Luftbildkarte von 1941 [Becker et al. 2007; Reichsluftfahrtministerium 1941].....	141
Abbildung 30: Ausschnitt der Geologie des Untersuchungsgebietes [Stackebrandt et al. 2004; Schmierer 1930].....	150
Abbildung 31: Eindringtiefen der im Untersuchungsgebiet geborgenen 250 kg und 500 kg Bombenblindgänger (von den 76 geborgenen 250 kg Blindgängern wurden bei 52 Stück die Eindringtiefen dokumentiert; von den 47 geborgenen 500 kg Blindgängern wurden bei 33 Stück die Eindringtiefen dokumentiert) [KMBD BRB 1991-2007].....	154
Abbildung 32: Eindringtiefen der 25 beräumten 250 kg sowie 8 beräumten 500 kg Bombenblindgänger in fluviatilen Sedimenten im Untersuchungsgebiet [KMBD BRB 1991-2007; LGBR BRB 2003; Schmierer 1930].....	157
Abbildung 33: Eindringtiefen der 23 beräumten 250 kg sowie 15 beräumten 500 kg Bombenblindgänger in organischen Sedimenten im Untersuchungsgebiet [KMBD BRB 1991-2007; LGBR BRB 2003; Schmierer 1930].....	158
Abbildung 34: Weg eines Bombenblindgängers im Sand- und Lehm Boden [NNb].	159
Abbildung 35: Ausschnitt der interpolierten Dichten der Trichter und Verdachtspunkte für Bombenblindgänger im Untersuchungsgebiet [Datengrundlage KMBD BRB 2006].....	162
Abbildung 36: Ausschnitt der Darstellung der Trefferbereiche von mit chemischen Langzeitzündern (LZZ) bezünderten Bomben entsprechend des „Bombplots“ mit einer Pufferung von 6 x 50 m und eingezeichneten Fundorten von beräumten Bomben [KMBD BRB 2006, USAAF 1945a].....	164

Abbildung 37: Diagramm der Verteilung der geborgenen Bombenblindgänger nach Bezündung des im "Bombplot" vom 15.03.1945 ausgewiesenen Trefferbereichen für Bomben mit chemischen Langzeitzündern (LZZ) und in den angefügten Pufferbereichen .....	165
Abbildung 38: Ausschnitt der Gefahrenkarte für das Untersuchungsgebiet.....	170
Abbildung 39: Darstellung der Schutzgüter im Zentrum des Untersuchungsgebietes, EFH – Einfamilienhäuser, MFH – Mehrfamilienhäuser und Bürogebäude [Stadtwerke Oranienburg GmbH 2007; Landkreis Oberhavel 2006].....	172
Abbildung 40: Räumliche Differenzierung der Schutzgüter im Zentrum des Untersuchungsgebietes – Schutzgutkarte – .....	175
Abbildung 41: Ausschnitt der Gefährdungskarte für das Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung der Gefahren und der Schutzgüter (Gefährdungsbereich II ist in diesem Ausschnitt nicht enthalten).....	180